



Adviesgroep AVIV BV
Piet Heinstraat 12
7511 JE Enschede

Rapport / Vaste afstanden plaatsgebonden risico PR 10^{-6} waterstoftankstations

Project 224941
Datum november 2022

Rapport / Vaste afstanden plaatsgebonden risico PR 10-6 waterstoftankstations

Project	224941
Datum	november 2022
Auteurs	Ing. A.M. op den Dries Ing. L.M.A. Mentink
Versie nr.	1.0
Opdrachtgever	Ministerie IenW Rijnstraat 8 2515 XP Den Haag

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Waterstoftankstation in de praktijk	5
2.1	Vaste onderdelen van waterstoftankstation	5
2.2	Aanvullende onderdelen	8
2.3	Voorbeeld opstelling waterstoftankstation	8
3	Risicoanalyse	10
3.1	Uitgangspunten risicoberekeningen	10
3.2	Resultaten risicoanalyse	13
3.3	Vloeibaar waterstof	18
3.4	Resultaten risicoanalyse	20
4	Gevoeligheidsanalyse	22
4.1	Verhoogde doorzet	22
4.2	Grotere opslag	23
4.3	Hoge druk	24
4.4	Invloed afwijkende ontstekingskans	25
4.5	Conclusie gevoeligheidsanalyse	26
5	Correctiefactor dispenser	29
6	Beschouwing scenario instantaan falen drukhouder	31
7	Consequentieonderzoek	32
7.1	Verificatie matrixtabel	32
7.2	Beperken variabelen matrixtabel	43
8	Conclusie	45
	Referenties	47
	Bijlage 1. Samenstelling werkgroep	48
	Bijlage 2 Toelichting matrixtabel	49
	Bijlage 3 Controle conclusie consequentieonderzoek	50
	Bijlage 4 Controle correctiefactor dispenser	54

1 Inleiding

In (de geconsolideerde versie van) het Besluit kwaliteit leefomgeving [1] (hierna Bkl) zijn in Bijlage VII vaste afstanden opgenomen voor het plaatsgebonden risico en het brandaandachtsgebied.

5. Waterstof: opslag- en transportbedrijf, groothandel en containeroverslag en tankstation

<p>Activiteit Het tanken van voertuigen of werktuigen met waterstof, bedoeld in artikel 3.286, eerste lid, aanhef en onder f, van het Besluit activiteiten leefomgeving, of het bieden van gelegenheid voor het tanken van voertuigen of werktuigen met waterstof, bedoeld in artikel 3.297, aanhef en onder b, van het Besluit activiteiten leefomgeving.</p>
<p>Afstand plaatsgebonden risico a. 30 m vanaf de tussenopslag, voor zover de waterstof wordt aangevoerd via een buisleiding of op de locatie wordt geproduceerd; en b. 35 m vanaf het vulpunt, voor zover de waterstof wordt aangevoerd met tanks.</p>
<p>Afstand aandachtsgebieden Voor het brandaandachtsgebied: 55 m vanaf de opslagtank.</p>

Het Waterstof Veiligheid Innovatie Programma (WVIP) ressorterend onder het H2Platform en specifiek Werkpakket 3 “Wet- en regelgeving en beleid” heeft bij het Ministerie IenW het verzoek ingediend de vaste afstanden voor waterstoftankstations te herzien. Zij hebben aangegeven dat de uitgangspunten die gebruikt zijn bij het opstellen van de afstanden tabel in Bijlage VII van het Bkl achterhaald zijn. De praktijk leert dat de buffervaten en tubetrailers hogere drukken hebben en ook de volumes van de waterstofbuffers zijn groter. Ook zijn er nieuwe ontwikkelingen op het gebied van waterstof tanken waar ten tijde van het opstellen van de tabel in Bijlage VII Bkl nog geen rekening mee gehouden is. Dit zijn bijvoorbeeld het zogenaamde low flow tanken of levering van waterstof direct vanuit een elektrolyser.

Voor een betere aansluiting is een nieuwe tabel met vaste afstanden (matrixtabel) voor het plaatsgebonden risico en het brandaandachtsgebied van waterstoftankstations ontwikkeld die past bij de huidige praktijk, inclusief een doorkijk naar de nu bekende ontwikkelingen. Uitgangspunten en resultaten zijn in afstemming met de werkgroep vastgesteld. Bijlage 1 beschrijft de samenstelling van de werkgroep.

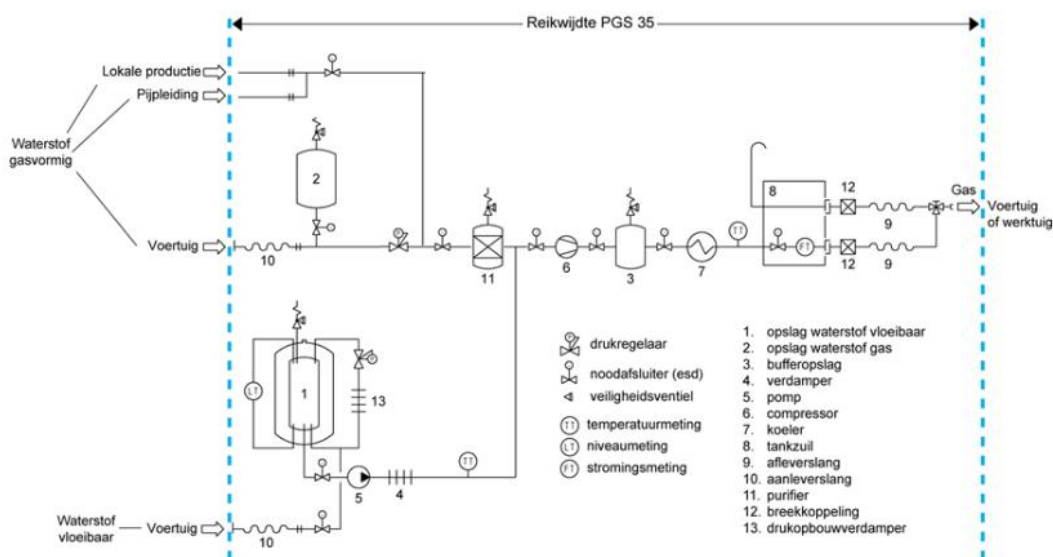
Hoofdstuk 1 beschrijft een generieke uitvoering van de huidige uitvoering van waterstoftankstations met een doorkijk naar de nabije toekomst. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de installatieonderdelen van het voorbeeld waterstoftankstation. Hoofdstuk 3 beschrijft de scenario's die gebruikt zijn voor de risicoberekeningen en in hoofdstuk 4 staat de gevoeligheidsanalyse voor het bepalen van onderdelen die bepalend zijn voor de afstanden tabel. Naar aanleiding van de resultaten uit hoofdstuk 4 wordt in hoofdstuk 5 beschreven wat een eventuele correctiefactor voor de risicoafstand van de dispenser kan zijn en wordt in hoofdstuk 6 het scenario instantaan falen drukhouder nader beschouwd. In hoofdstuk 7 is een consequentieonderzoek beschreven en de conclusies tot slot staan in hoofdstuk 8.

2 Waterstoftankstation in de praktijk

2.1 Vaste onderdelen van waterstoftankstation

In de Publicatiereeks gevaarlijke Stoffen 35 [1] staat in paragraaf 2.2.1. een algemene beschrijving van een waterstofinstallatie die gecomprimeerd (gasvormig) waterstof levert aan voertuigen en werktuigen. Globaal bestaat een waterstofinstallatie uit een compressor, een bufferopslag, een koeler en de tankzuil. Bij het aanleveren van vloeibare waterstof is ook nog een verdamer aanwezig en bij het aanleveren van gasvormige waterstof soms een 'purifier'.

De schematische weergave die in figuur 1 wordt getoond is overgenomen uit PGS 35.



Figuur 1. Voorbeeld van schematische weergave van waterstofinstallatie

Op basis van deze onderdelen wordt in de paragrafen hieronder beschreven binnen welke marges de uitvoering van de tankstations in de huidige en toekomstige praktijksituaties er uit ziet. Hierbij worden de onderdelen beschreven die vanuit de praktijksituatie komen.

2.1.1 Opslag waterstof vloeibaar (1)

De opslag van vloeibaar waterstof wordt in de huidige praktijk nog niet toegepast. Ook in de nabije toekomst wordt dit type opslag niet verwacht. Voor een beeld van de risico's van vloeibaar waterstof in vergelijking tot gasvormig waterstof wordt in de berekening een tankauto met vloeibaar waterstof meegenomen. Uitgangspunten hierbij zijn dat in tankauto 45 m³ vloeibaar waterstof aanwezig is bij een druk van 4 bar(g) en een temperatuur van -246 °C.

2.1.2 Opslag waterstof gas (2)

De opslag van waterstof gas gebeurt in verschillende systemen. Dit kan zijn een tube/flessentrailer of flessenpakketten.

Tube/flessentrailer

De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem wordt gebruikt voor de aanvoer, afvoer EN opslag van waterstof
- Druk in het systeem varieert van 200-500 bar
- Flesgrootte varieert van 50 liter tot 2.2 m³
- Inhoud per trailer is tot 1250 kg
- De opslag is ingedeeld in secties
- Het systeem is aangesloten met slangen aan installatie

Flessenpakketten

De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem wordt gebruikt voor de aanvoer, afvoer EN opslag van waterstof
- Het bestaat uit 1 of meerdere pakketten
- Meestal 16 flessen per pakket (4x4)
- Druk in het systeem varieert van 200-300 bar
- Het systeem is aangesloten met slangen aan het manifold

2.1.3 Bufferopslag waterstof (3)

De bufferopslag van waterstof kan een lage druk buffer, een midden druk buffer en/of een hoge druk buffer zijn. Of een combinatie van deze buffers.

Lage druk buffer

De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem wordt gebruikt voor de opslag van waterstof onder lage druk
- Aanvoer naar dit type buffer gebeurt vanuit een elektrolyser
- Druk in het systeem varieert van 20-30 bar
- Inhoud varieert van 1 tot 90 m³

Midden druk buffer

De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem is een opslag onder druk voor levering van waterstof aan een 350 bar dispenser (afleverzuil)
- Druk in het systeem varieert van 450-520 bar
- Buffer bestaat uit meerdere flessen/tubes
- Grootte per fles varieert tussen 50 liter en 2.2 m³
- Het zijn meerdere flessen die aan elkaar gekoppeld zijn.
- Uitstroomduur van waterstof wordt bepaald door totale inhoud (per sectie)

Hoge druk buffer

De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem is een opslag onder druk voor levering van waterstof aan een 700 bar dispenser (afleverzuil)
- Druk in het systeem varieert van 850-1000 bar
- Buffer bestaat uit meerdere flessen/tubes
- Grootte per fles varieert tussen 50 liter en 2.2 m³
- Het zijn meerdere flessen die aan elkaar gekoppeld zijn.
- Uitstroomduur van waterstof wordt bepaald door totale inhoud (per sectie)

2.1.4 Compressor (6)

De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem wordt gebruikt voor het verhogen van de lage druk naar midden druk of van midden druk naar hoge druk
- Falen van compressor leidt tot uitstroming van waterstof bij druk van de invoerleiding
- Meerdere compressors staan parallel of in serie opgesteld

2.1.5 Dispenser (8 tankzuil)

De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem wordt gebruikt voor het leveren van waterstof aan voertuigen
- Druk in het systeem is afhankelijk van het type voertuig waaraan geleverd wordt. Dit is of midden druk opslag (t.b.v. 350 bar dispenser) of hoge druk opslag (t.b.v. 700 bar dispenser) zijn.

2.2 Aanvullende onderdelen

Op basis van huidige praktijk en toekomstige ontwikkelingen dient ook de aanvoer van waterstof met behulp van een leiding, vanuit een elektrolyser te worden beschouwd. Ook de lowflow levering van waterstof moet met het oog op de toekomst beschouwd worden.

De lowflow levering is een levering onder lage druk die een langere tijd duurt. Deze manier van leveren zou bijvoorbeeld op parkeerplaatsen van hotels kunnen worden toegepast bij bezoekers die gedurende de periode van aanwezigheid (congres / overnachting) kunnen tanken. Deze manier van leveren past binnen de beschrijvingen in paragraaf 2.1. Daar is al met de lage druk rekening gehouden. Bij dit systeem zijn ook geen andere installatieonderdelen aanwezig dan hierboven al beschreven. Voor de aanvoer van waterstof per ondergrondse leiding en vanuit een elektrolyser worden twee installatieonderdelen toegevoegd aan de analyse.

Levering middels een ondergrondse leiding

Het betreft dat deel van de aanvoerleiding dat binnen de inrichtingsgrens gelegen is. De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem wordt gebruikt voor de aanvoer van waterstof
- Druk in het systeem varieert van 2-100 bar
- Leidingdiameter is tussen de 100 en 200 mm
- Conform de memo van het RIVM is de leidinglengte standaard 10 m en wordt deze bovengronds gemodelleerd.

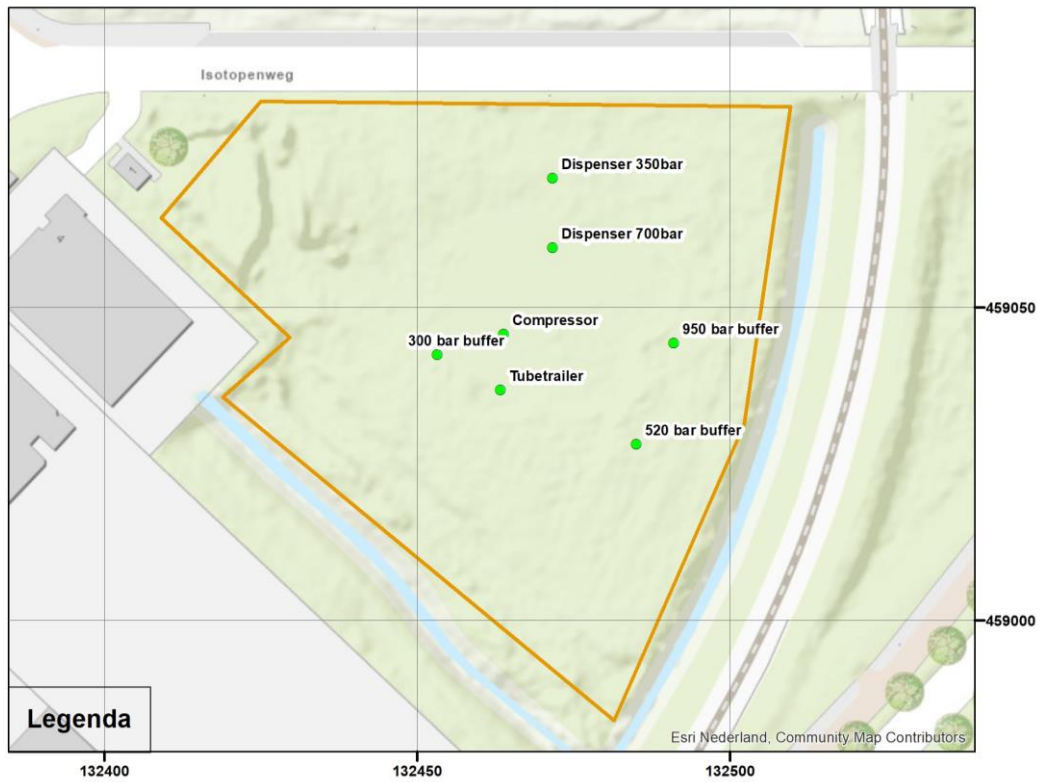
Levering vanuit een elektrolyser

De eigenschappen van dit installatieonderdeel zijn:

- Dit systeem wordt gebruikt voor de productie van waterstof
- Druk in het systeem varieert van 20-30 bar
- Het betreft een separator waarin zuurstof en waterstof worden gescheiden
- Vanuit de elektrolyser gaat de waterstof via een leiding richting de lage druk buffer.

2.3 Voorbeeld opstelling waterstoftankstation

Op basis van de verschillende installatieonderdelen die mogelijk zijn en aan te houden interne afstanden is in overleg met de werkgroep een voorbeeld opstelling van een waterstof tankstation vastgesteld op basis waarvan de analyses uitgevoerd gaan worden. Figuur 2 toont de overzichtstekening.



Figuur 2. Voorbeeld opstelling waterstoftankstation

3 Risicoanalyse

3.1 Uitgangspunten risicoberekeningen

Voor de risicoberekening van de vastgestelde opstelling van een waterstoftankstation zijn risicoberekeningen uitgevoerd. Hierbij zijn het plaatsgebonden risico en het maximale effectgebied berekend op basis van de handleiding risicoberekeningen Bevi [3], de specifieke modellering voor gascilinders [4] en de RIVM memo over waterstof [5]. Per installatieonderdeel worden de ongevalsscenario's hieronder beschreven. De berekeningen zijn uitgevoerd met Safeti-NL versie 8.5.

3.1.1 Tubetrailer

De tubetrailer wordt gebruikt voor aanvoer van waterstof en is gemodelleerd als continu aanwezig. De totale inhoud van de trailer bedraagt 540 kg, bij een druk van 300 barg en 10 °C. Voor het modelleren van de trailer wordt uitgegaan van een tubetrailer met 9 cilinders van elk 2850 l. Uitgegaan wordt van een aansluiting op het systeem met een slang van 10 mm. Tabel 1 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	9 (aantal tubes) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu grootste aansluiting	9 (aantal tubes) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Vuurbal brand tijdens verlading	8766 (uur per jaar aanwezig) x $5.8 \cdot 10^{-10}$ (frequentie vuurbal per uur)
Vuurbal brand in omgeving	8766 (uur per jaar aanwezig) x $4.0 \cdot 10^{-9}$ (frequentie vuurbal per uur)
Vuurbal externe impact	8766 (uur per jaar aanwezig) x $5.0 \cdot 10^{-11}$ (frequentie vuurbal per uur)
Breuk slang	8766 (uur per jaar aanwezig) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
Lekkage slang	8766 (uur per jaar aanwezig) x $4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$4.5 \cdot 10^{-6}$	60 kg	Maximale inhoud van één tube
Continu grootste aansluiting	$4.5 \cdot 10^{-6}$	1.2 kg/s	Gatgrootte 10 mm, uitstroomduur 439 s.
Vuurbal brand tijdens verlading	$5.1 \cdot 10^{-6}$	60 kg	Maximale inhoud van één tube
Vuurbal brand in omgeving	$3.5 \cdot 10^{-5}$	60 kg	Maximale inhoud van één tube
Vuurbal externe impact	$4.4 \cdot 10^{-7}$	60 kg	Maximale inhoud van één tube
Breuk slang	$3.5 \cdot 10^{-2}$	0.5 kg/s	Gatgrootte 10 mm, uitstroomduur 1127 s.
Lekkage slang	$3.5 \cdot 10^{-1}$	0.01 kg/s	Gatgrootte 1.0 mm, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 1. Ongevalsscenario's van de tubetrailer

3.1.2 Compressor

Aangenomen is dat de compressor continu in gebruik zal zijn. Voor de uitstroming wordt uitgegaan van het debiet van de elektrolyser. Tabel 2 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	8760 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) \times $1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Lekkage	8760 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) \times $4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$	0.005 kg/s	Diameter 10 mm, lengte 20 m, uitstroomduur 1800 s.
Lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$	0.001 kg/s	Diameter 1 mm, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 2. Ongevalsscenario's compressor

3.1.3 300 bar buffer

Voor de 300 bar buffer wordt uitgegaan van 12 horizontaal opgestelde cilinders van elk 2.4 m^3 . De druk is 300 bar. Tabel 3 toont de ongevalsscenario's. Omdat de inhoud per cilinder groter is dan 150 L is conform de handleiding [3] uitgegaan van de scenario's instantaan falen, continu uitstroming in 10 minuten en continu uitstroming uit een 10 mm lek.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	12 (aantal tubes) \times $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 min	12 (aantal tubes) \times $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 mm	12 (aantal tubes) \times $1.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie per jaar)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$6.0 \cdot 10^{-6}$	50 kg	Maximale inhoud één cilinder
Continu 10 min	$6.0 \cdot 10^{-6}$	1 kg/s	Inhoud van 28.5 m^3 , uitstroomduur 600 s.
Continu 10 mm	$1.2 \cdot 10^{-6}$	1.2 kg/s	Inhoud van 28.5 m^3 , uitstroomduur 488 s.

Tabel 3. Ongevalsscenario's lage druk buffer

3.1.4 520 bar buffer

Voor de 520 bar buffer wordt uitgegaan van 6 opgestelde cilinders van elk 1.6 m^3 . De druk is 520 bar. Tabel 4 toont de ongevalsscenario's. Omdat de inhoud per cilinder groter is dan 150 liter is conform de handleiding [3] uitgegaan van de scenario's instantaan falen, continu uitstroming in 10 minuten en continu uitstroming uit een 10 mm lek.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	6 (aantal tubes) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 min	6 (aantal tubes) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 mm	6 (aantal tubes) x $1.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie per jaar)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$3.0 \cdot 10^{-6}$	50 kg	Maximale inhoud één cilinder
Continu 10 min	$3.0 \cdot 10^{-6}$	0.5 kg/s	Inhoud van 9.4 m^3 , uitstroomduur 600 s.
Continu 10 mm	$6.0 \cdot 10^{-5}$	2.0 kg/s	Inhoud van 9.4 m^3 , uitstroomduur 150 s.

Tabel 4. Ongevalsscenario's midden druk buffer

3.1.5 950 bar buffer

Voor de 950 bar buffer wordt uitgegaan van 5 opgestelde cilinders van elk 0.4 m^3 . De druk is 950 bar. Tabel 5 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	5 (aantal tubes) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 min	5 (aantal tubes) x $5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu 10 mm	5 (aantal tubes) x $1.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie per jaar)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$2.5 \cdot 10^{-6}$	20 kg	Maximale inhoud één cilinder
Continu 10 min	$2.5 \cdot 10^{-6}$	0.17 kg/s	Inhoud van 3.5 m^3 , uitstroomduur 600 s.
Continu 10 mm	$5.0 \cdot 10^{-5}$	3.5 kg/s	Inhoud van 3.5 m^3 , uitstroomduur 29 s.

Tabel 5. Ongevalsscenario's hoge druk buffer

3.1.6 Dispenser 350 bar

De dispenser is circa 1690 uur van het jaar in gebruik (totaal 183 ton/jr met een afleverdebiet van 30 g/s). Er is geen noodstopstelsel gemodelleerd. De bronsterkte bij breuk is berekend met het line rupture model van Safeti-NL voor de inwendige diameter van de leiding van 6.3 mm, een leidinglengte van 10 m en de inhoud van 9400 l van een midden druk buffer van 520 bar. Tabel 6 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	1690 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
Lekkage	1690 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	$6.8 \cdot 10^{-3}$	0.15	Diameter 6.3 mm, lengte 10 m, uitstroomduur 875 s.
Lekkage	$6.8 \cdot 10^{-2}$	< 0.1	Diameter 0.63 mm, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 6. Ongevalsscenario's dispenser 350 bar

3.1.7 Dispenser 700 bar

De dispenser is circa 1690 uur van het jaar in gebruik (totaal 183 ton/jr met een afleverdebiet van 30 g/s). Er is geen noodstopstelsel gemodelleerd. De bronsterkte bij breuk is berekend met het line rupture model van Safeti-NL voor de inwendige diameter van de leiding van 6.3 mm, een leidinglengte van 10 m en de inhoud van 3470 l van een hoge druk buffer van 950 bar. Tabel 7 toont de ongevalsscenario's van de dispenser.

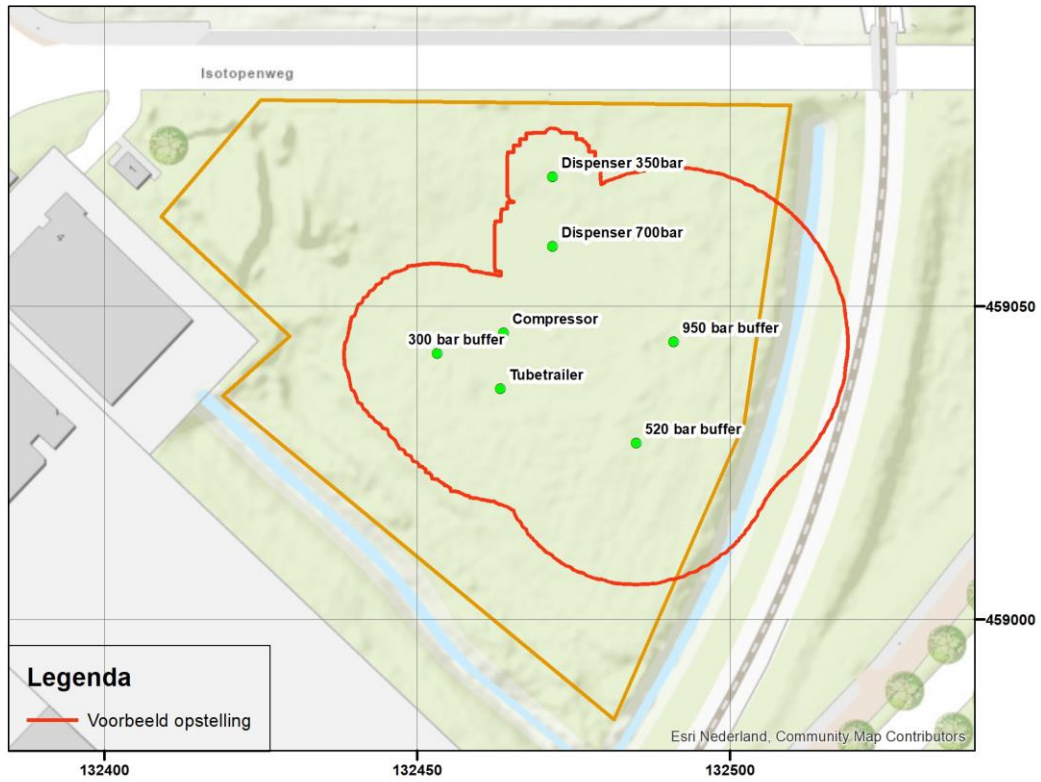
Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	1690 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
Lekkage	1690 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	$6.8 \cdot 10^{-3}$	0.28	Diameter 6.3 mm, lengte 10 m, uitstroomduur 163 s.
Lekkage	$6.8 \cdot 10^{-2}$	< 0.1	Diameter 0.63 mm, uitstroomduur 1738 s.

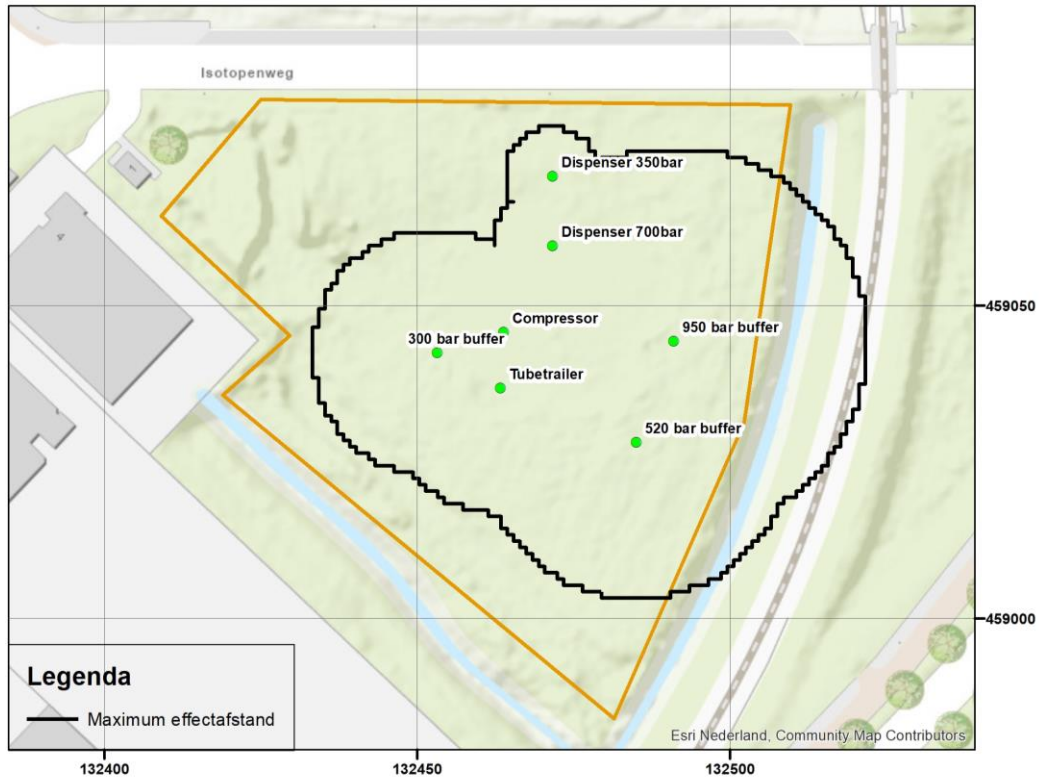
Tabel 7. Ongevalsscenario's dispenser 700 bar

3.2 Resultaten risicoanalyse

Op basis van de hierboven beschreven uitgangspunten zijn voor het voorbeeld waterstoftankstation het plaatsgebonden risico en de effectafstand (1% letaliteit) berekend. Figuur 3 toont het plaatsgebonden risico PR 10^{-6} /jaar en figuur 4 toont de effectafstanden voor de verschillende installatieonderdelen.

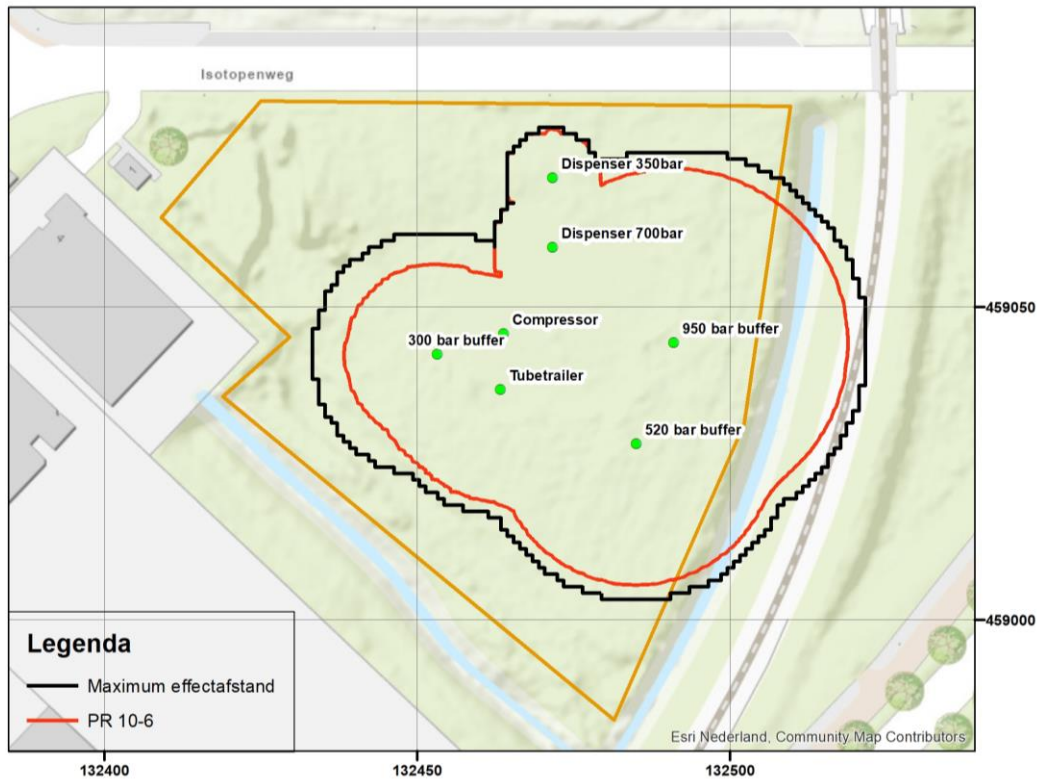


Figuur 3. Plaatsgebonden risicocontour PR 10^{-6} /jaar van de voorbeeld opstelling



Figuur 4. Maximale effectafstand van de voorbeeld opstelling

Een vergelijking van beide contouren, zoals figuur 5 weergeeft, laat zien dat deze relatief dicht bij elkaar liggen. De maximale effectafstand is enkele meters groter. Dit houdt in dat per installatieonderdeel de maximale effecten niet veel verder reiken dan de PR 10⁻⁶ contour. Voor een tabel met vaste aan te houden afstanden zou daarom eventueel van de effectafstand uitgegaan kunnen worden zonder dat daarmee sprake is van al te conservatieve afstanden.



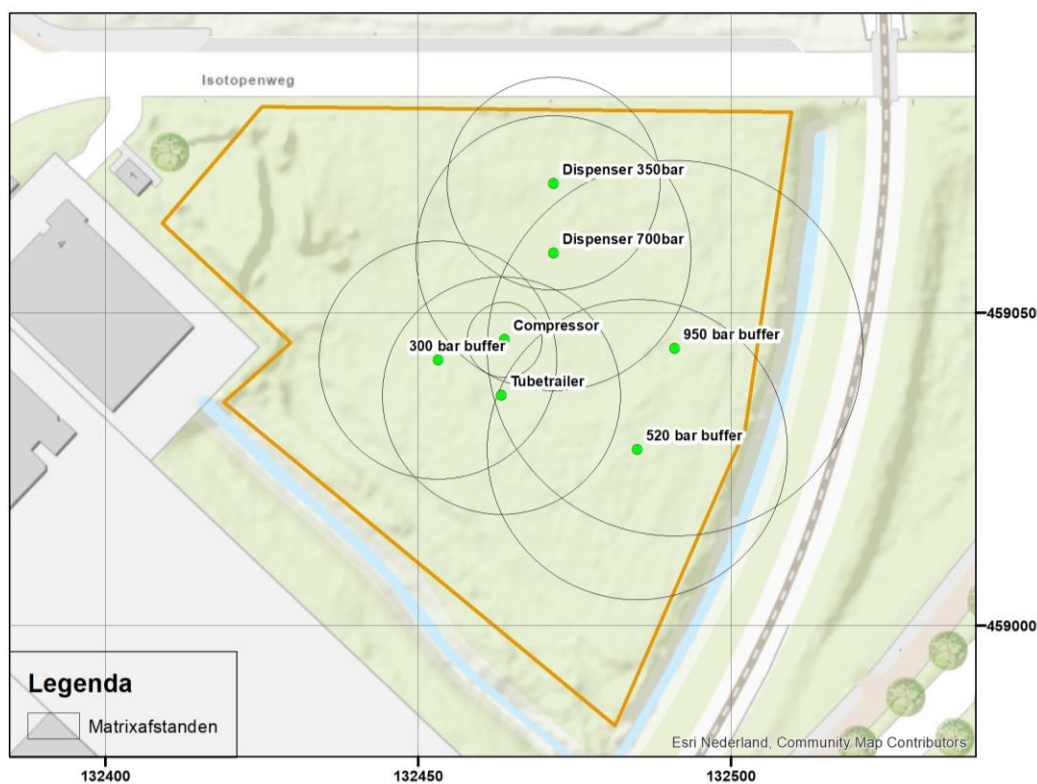
Figuur 5. Vergelijking PR 10^{-6} contour met effectafstand

De contour van de maximale effectafstand wordt bepaald door een omtrek van alle afzonderlijke effectafstanden per installatie onderdeel. Bij de effectafstanden speelt de kans geen rol. Een tabel met vaste afstanden in meters zou daarom per installatieonderdeel kunnen. Het verschil tussen de verschillende installatieonderdelen wordt dan bepaald door de druk, de leidingdiameter van de grootste aansluiting en daar waar van toepassing de inhoud van het systeem. Hierbij zijn de druk en de leidingdiameter het meest van invloed op de effectafstand. De inhoud van het installatieonderdeel lijkt bij het voorbeeld waterstoftankstation niet van invloed op de effectafstanden. Aangezien de kans geen rol speelt bij effectafstanden is de faalfrequentie niet van belang. Hierdoor is de actor tijd (en daarmee de doorzet) niet van invloed op de resultaten. De druk en de diameter lijken de belangrijkste variabelen voor de effectafstanden. De berekening van de maximale effecten van de verschillende drukkens en diameters van de installatieonderdelen geeft de onderstaande matrixtabel (zie tabel 8). De matrixtabel geeft de effectafstand in meters per installatieonderdeel op basis van de gehanteerde druk in bar en de diameter van de grootste aangesloten leiding in millimeters. In de volgende hoofdstukken wordt op basis van een gevoeligheidsanalyse en consequentieonderzoek beoordeeld of dit juist is. In bijlage 2 wordt het toepassingsbereik van de matrixtabel beschreven.

Diameter [mm] Druk [bar]	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	45	50
0-30	3	4	4	5	6	6	9	13	16	19	22	27	29
30-300	9	11	13	15	17	19	28	37	45	54	59	72	78
300-520	12	14	17	19	22	24	35	46	57	66	74	89	96
520-950	15	19	22	24	27	30	44	58	71	81	91	110	119

Tabel 8. Matrixtabel maximale effectafstand in meters van diameter versus druk

Een vertaling van de matrixtabel naar het voorbeeld waterstoftankstation wordt getoond in figuur 6. In hoofdstuk 4 wordt op basis van een gevoeligheidsanalyse getoetst of deze zogenoemde “matrix afstanden” passend zijn en ook goede veiligheidsafstanden zijn voor andere situaties.



Figuur 6. Afstanden matrixtabel per installatie onderdeel

Onder de toekomstige Omgevingswet wordt naast het plaatsgebonden risico ook gekeken naar aandachtsgebieden. Voor waterstoftankstations is (uitgaande van een ontstekingskans 1) alleen het brandaandachtsgebied (BAG) van toepassing. Het brandaandachtsgebied wordt begrensd door de 10 kW/m² contour. Bij waterstoftankstations zijn de maximale

effectafstanden ook gebaseerd op de 10 kW/m² contour. Voor de afstanden uit de matrixtabel kan daarom gesteld worden dat deze afstanden ook kunnen worden aangehouden voor het brandaandachtsgebied. Echter binnen de PR 10⁻⁶ contour mogen geen (zeer) (beperkt) kwetsbare objecten aanwezig zijn. Dus binnen het brandaandachtsgebied zullen daarom ook geen mensen verblijven. Als de afstanden uit de matrixtabel van toepassing zijn op een waterstoftankstation is een verdere beschouwing van het brandaandachtsgebied niet noodzakelijk.

3.3 Vloeibaar waterstof

De opslag van vloeibaar waterstof is in de huidige praktijk nog niet aan de orde. Ook in de nabije toekomst wordt dit type opslag niet verwacht. In de verdere toekomst wordt vloeibaar waterstof nog niet helemaal uitgesloten. Voor een beeld van de risico's van vloeibaar waterstof in vergelijking tot gasvormig waterstof wordt een berekening van het plaatsgebonden risico uitgevoerd waarbij wordt uitgegaan van een tankauto met vloeibaar waterstof die continu aanwezig is en een tankauto die enkel aanwezig is bij het tankstation om een buffer te vullen.

3.3.1 Tankauto continu

In deze situatie is de tankauto met vloeibaar waterstof continu aanwezig. De tankauto bevat 45 m³. De druk is 4 bar(g) met temperatuur -246 ° C. De tankauto wordt met een composiet slang gekoppeld aan de installatie. Aangenomen is dat de verbinding continu in gebruik is. De inwendige diameter van de slang is 10 mm. Tabel 9 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per jaar)
Continu 10 mm	5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per jaar)
Breuk slang	8760 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁷ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
Lekkage slang	8760 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
BLEVE tijdens verlading	8760 (uren in bedrijf) x 5.8 10 ⁻¹⁰ (frequentie BLEVE per uur in bedrijf) x 0.05 (reductiefactor dubbelwandig)
Instantaan door externe impact	8760 (uren in bedrijf) x 9.6 10 ⁻¹⁰ (frequentie breuk per uur aanwezig)
BLEVE door externe brand	8760 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁸ (frequentie BLEVE per uur aanwezig) x 0.05 (reductiefactor dubbelwandig) x 0.19 (reductiefactor deel tank met gas)

Scenario	Frequentie [/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Instantaan	5.0 10 ⁻⁷	2727 kg	Maximale inhoud
Continu 10 mm	5.0 10 ⁻⁷	0.3 kg/s	Uitstroomduur 1800 s.
Breuk slang	3.5 10 ⁻³	0.3 kg/s	Gatgrootte 10 mm, uitstroomduur 1800 s.
Lekkage slang	3.5 10 ⁻¹	< 0.01 kg/s	Gatgrootte 1 mm, uitstroomduur 1800 s.
BLEVE tijdens verlading	2.5 10 ⁻⁷	2727 kg	BLEVE alleen tijdens verlading
Instantaan door externe impact	8.4 10 ⁻⁶	2727 kg	BLEVE gedurende aanwezigheid
BLEVE door externe brand	3.5 10 ⁻⁴	2727 kg	BLEVE gedurende aanwezigheid

Tabel 9. Ongevalsscenario's van de tankauto continu

3.3.2 Tankauto alleen verlading

In deze situatie vindt er alleen verlading plaats van een tankauto met vloeibaar waterstof naar een opslagtank. De voorbeeldtankauto is per verlading van 1000 kg 1 uur aanwezig¹ en bevat 45 m³. De druk is 4 bar(g) met temperatuur -246 ° C. De trailer wordt met een composiet slang gekoppeld aan de installatie. De verbinding is 40 minuten per verlading in gebruik. De inwendige diameter van de slang is 10 mm. Tabel 10 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar) x 0.03 (fractie aanwezig)
Continu 10 mm	$5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar) x 0.03 (fractie aanwezig)
Breuk slang	195 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
Lekkage slang	195 (uren in bedrijf) x $4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
BLEVE tijdens verlading	195 (uren in bedrijf) x $5.8 \cdot 10^{-10}$ (frequentie BLEVE per uur in bedrijf) x 0.05 (reductiefactor dubbelwandig)
Instantaan door externe impact	292 (uren aanwezig) x $9.6 \cdot 10^{-10}$ (frequentie breuk per uur aanwezig)
BLEVE door externe brand	292 (uren aanwezig) x $4.0 \cdot 10^{-8}$ (frequentie BLEVE per uur aanwezig) x 0.05 (reductiefactor dubbelwandig) x 0.19 (reductiefactor deel tank met gas)

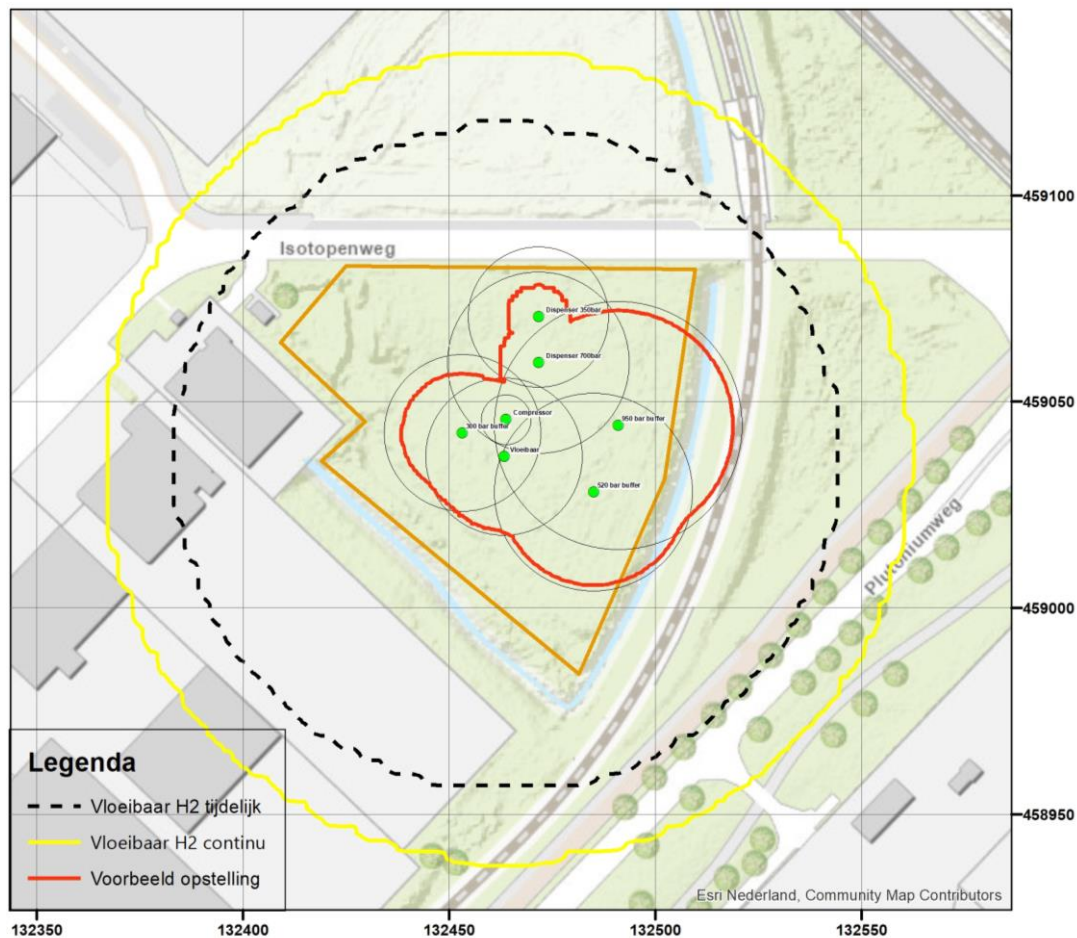
Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Instantaan	$1.7 \cdot 10^{-8}$	2727 kg	Maximale inhoud
Continu 10 mm	$1.7 \cdot 10^{-8}$	0.3 kg/s	Uitstroomduur 1800 s.
Breuk slang	$7.8 \cdot 10^{-5}$	0.3 kg/s	Gatgrootte 10 mm, uitstroomduur 1800 s.
Lekkage slang	$7.8 \cdot 10^{-3}$	< 0.01 kg/s	Gatgrootte 1 mm, uitstroomduur 1800 s.
BLEVE tijdens verlading	$5.7 \cdot 10^{-9}$	2727 kg	BLEVE alleen tijdens verlading
Instantaan door externe impact	$1.1 \cdot 10^{-7}$	2727 kg	BLEVE gedurende aanwezigheid
BLEVE door externe brand	$2.8 \cdot 10^{-7}$	2727 kg	BLEVE gedurende aanwezigheid

Tabel 10. Ongevalsscenario's van de tankauto alleen verlading

¹ Uitgaande van een doorzet van 800 kg per dag zijn er 292 verladingen per jaar nodig. Dit is komt overeen met 18% van de tijd.

3.4 Resultaten risicoanalyse

Op basis van de hierboven beschreven uitgangspunten zijn voor het voorbeeld waterstoftankstation met vloeibaar waterstof het plaatsgebonden risico berekend. Figuur 7 toont het plaatsgebonden risico PR 10^{-6} /jaar voor beide situaties.



Figuur 7. PR 10^{-6} contouren tankstation inclusief vloeibaar waterstof

Zoals bovenstaande figuur laat zien, zijn de plaatsgebonden risicocontouren 10^{-6} /jaar bij de aanwezigheid van vloeibare waterstof ruim groter dan bij gasvormig waterstof. Ook zijn deze groter dan de effectafstanden van gasvormig waterstof (zie Tabel 11). De aanwezigheidsduur van de tankauto met vloeibaar waterstof bij het tankstation is hierbij van invloed op de omvang van de PR 10^{-6} contour.

Installatie	PR 10⁻⁶ contour [m]
Waterstof vloeibaar continu	97
Waterstof vloeibaar tijdelijk	80
Waterstof gas voorbeeldopstelling	24

Tabel 11. PR 10⁻⁶ contour [m] van vloeibaar en gasvormig waterstof

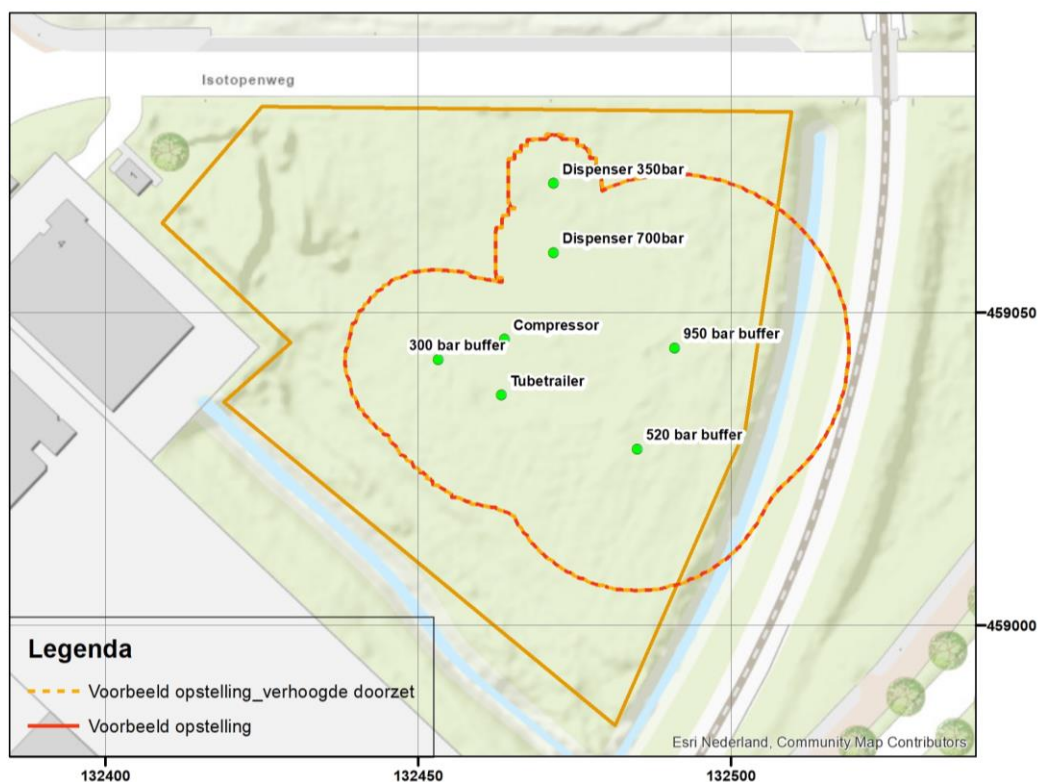
Bovenstaande aspecten in combinatie met het gegeven dat vloeibaar waterstof niet gebruikelijk is bij tankstations, maakt dat vloeibaar waterstof niet binnen het toepassingsgebied van de matrixtabel valt. Voor het bepalen van het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden voor tankstations waar vloeibaar waterstof aanwezig kan de matrixtabel niet worden toegepast.

4 Gevoeligheidsanalyse

In de matrixtabel wordt er van uitgegaan dat enkel de druk in het systeem en de diameter van de grootste aangesloten leiding bepalend zijn voor de aan te houden veiligheidsafstand. Voor een beoordeling van andere variabelen in de installaties van een waterstoftankstation is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar een verhoogde doorzet, grotere inhoud van het systeem en een hogere druk. Hierbij wordt uitgegaan van gasvormig waterstof (zie vorige hoofdstuk).

4.1 Verhoogde doorzet

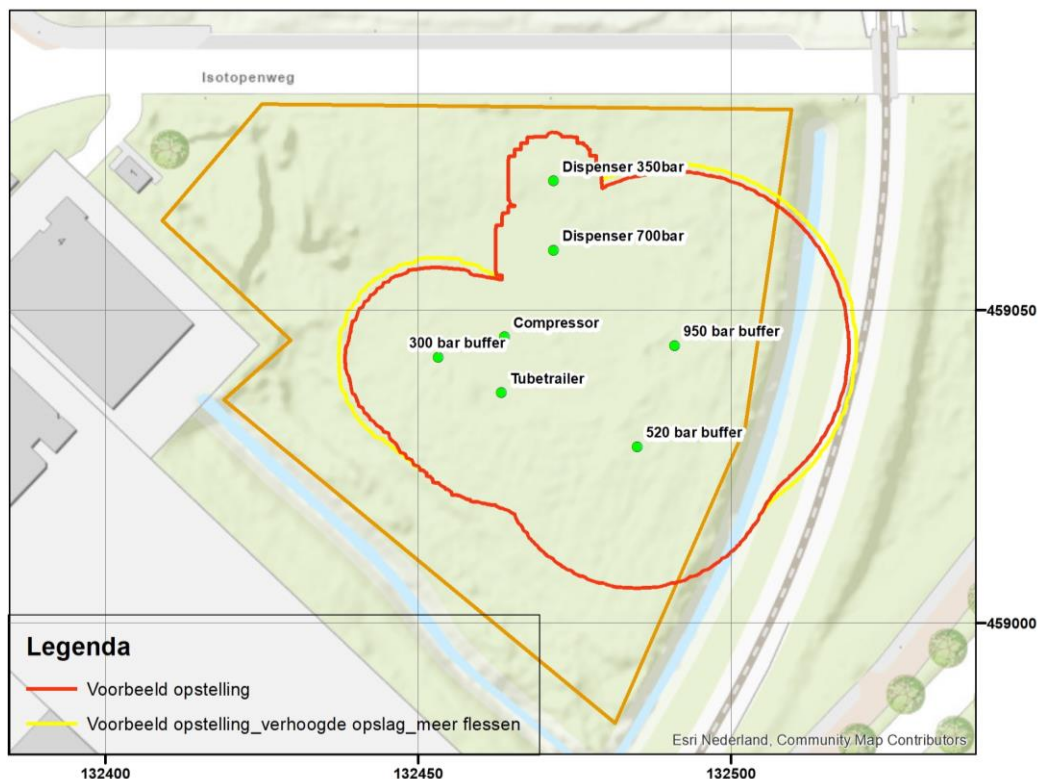
In deze analyse wordt bekeken of een hogere doorzet resulteert in een PR 10^{-6} contour die groter is dan de afstanden in de matrixtabel. Als de doorzet hoger wordt betekent dit dat de dispensers meer in gebruik zijn. In de basisberekening van het voorbeeld waterstoftankstation is verondersteld dat de tubetrailers continu aanwezig zijn. Verhoging van de doorzet heeft om die reden geen invloed op de aanwezigheid van de tubetrailer. Voor het bepalen van de gevoeligheid van een verhoogde doorzet is als eerste het gebruik van de twee dispensers die bij het voorbeeld waterstof tankstation aanwezig zijn verhoogd. Het gebruik van de dispensers is met een factor 3 verhoogd. De beide dispensers zijn dan 5070 uur per jaar in gebruik. Het resultaat van deze berekening wordt getoond in figuur 8. De contouren zijn gelijk.



Figuur 8. Gevoeligheidsanalyse PR 10^{-6} verhoogde doorzet dispenser langer in gebruik

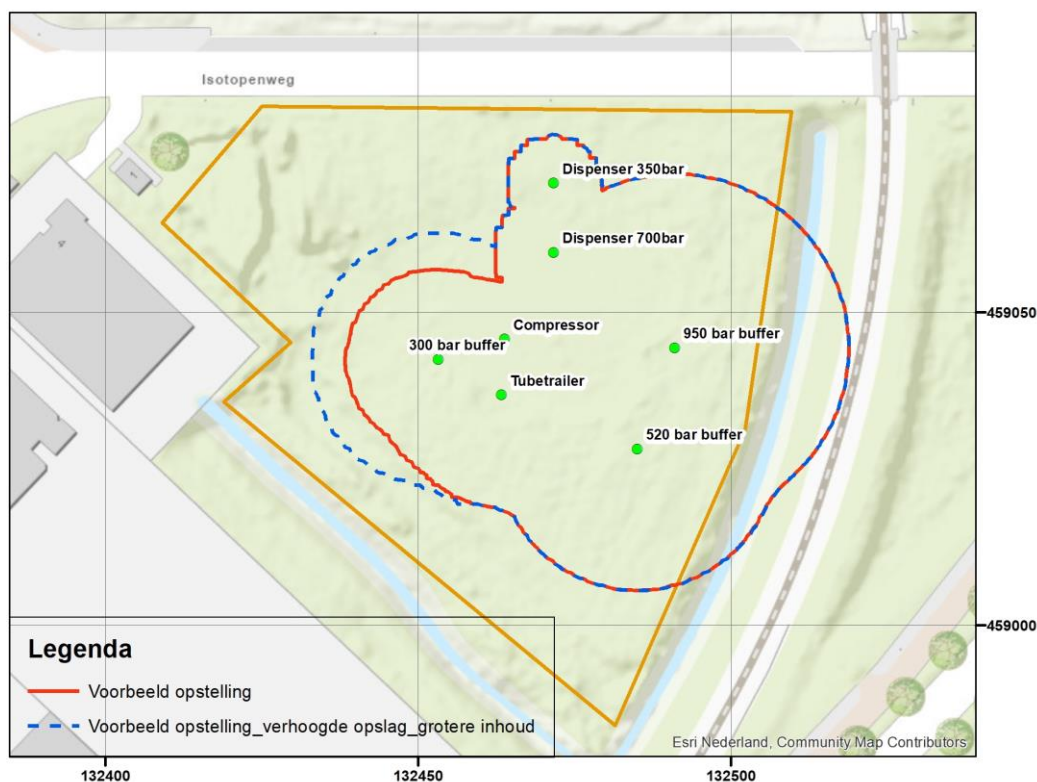
4.2 Grotere opslag

Voor een vergroting van de opslag van waterstof is voor de gevoeligheidsanalyse als eerste uitgegaan van meer flessen in opslag. Voor de gasflessen van de 300 bar en 520 bar buffer is uitgegaan van 3 keer zo veel flessen, dus 36 en 18 respectievelijk. De faalkans is daarmee een factor 3 hoger. Voor de 950 bar buffer is uitgegaan van 4 keer zoveel flessen, dus 20 totaal en een factor 4 hogere faalkans. figuur 9 toont het resultaat. Een verhoogde opslag leidt tot een net iets grotere contour.



Figuur 9. Gevoeligheidsanalyse PR 10⁻⁶ verhoogde opslag meer gasflessen

Daarnaast is voor een verhoogde opslag uitgegaan van een grotere inhoud van de flessen. Hierbij is uitgegaan van flessen van 4.75 m³ bij de 300 bar buffer, van 3.1 m³ bij de 520 bar buffer en van 2.1 m³ bij de 950 bar buffer. Figuur 10 toont het resultaat. Het vergroten van de inhoud van de opslag leidt bij de 300 bar buffer tot een grotere contour.



Figuur 10. Gevoelheidsanalyse PR 10⁻⁶ verhoogde opslag groter volume

4.3 Hoge druk

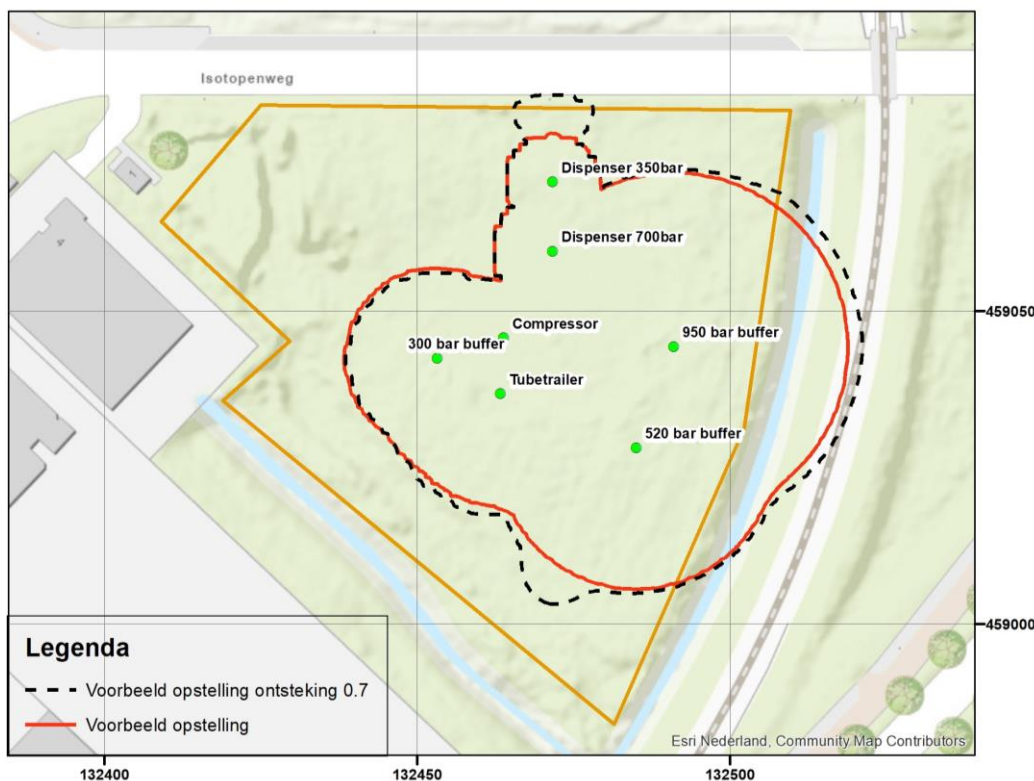
Tot slot is nog een analyse uitgevoerd voor een maximale druk van 1250 bar. Deze druk wordt in de praktijk niet verwacht. Voor de gevoeligheid van hoge drukken is deze maximale druk alsnog in het overzicht meegenomen. Tabel 12 toont de matrixtabel inclusief een extra rij voor de effecten bij de verschillende leidingdiameters voor een extra hoge druk van 1250 bar. De toename van de effectafstand (in meters) ligt in de lijn der verwachting.

Diameter [mm]	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	45	50
0-30	3	4	4	5	6	6	9	13	16	19	22	27	29
30-300	9	11	13	15	17	19	28	37	45	54	59	72	78
300-520	12	14	17	19	22	24	35	46	57	66	74	89	96
520-950	15	19	22	24	27	30	44	58	71	81	91	110	119
950-1250	17	21	24	27	30	33	48	63	78	88	99	119	129

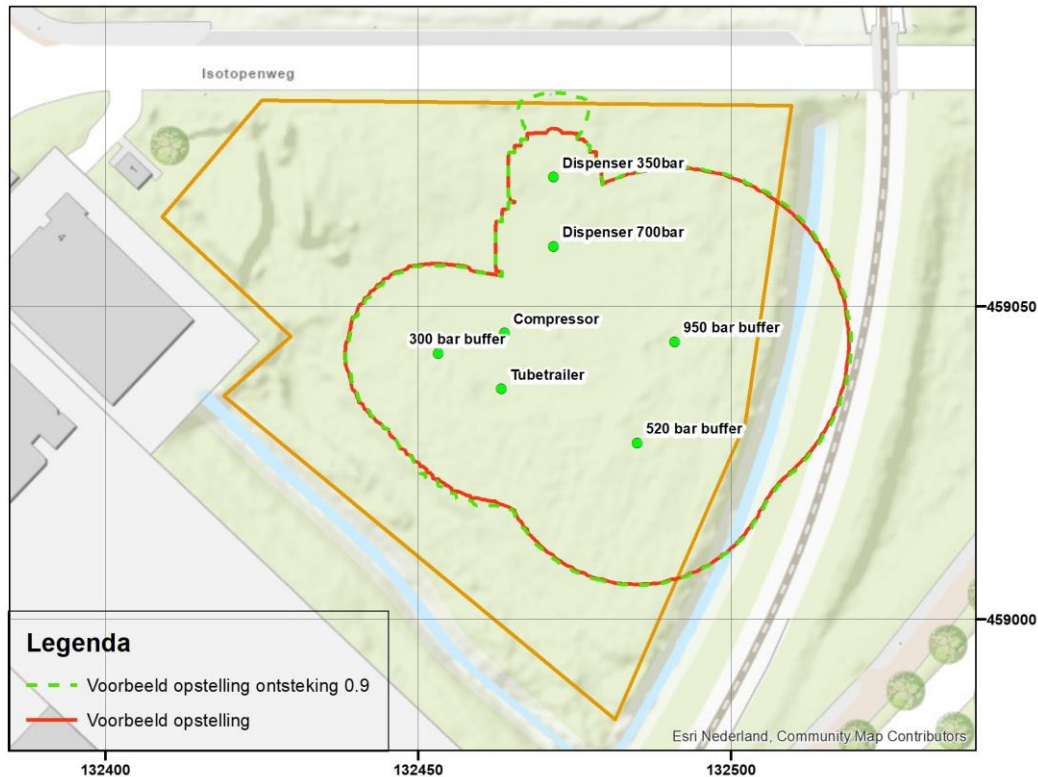
Tabel 12. Matrixtabel maximale effectafstand [m] diameter versus druk inclusief druk max. 1250 bar.

4.4 Invloed afwijkende ontstekingskans

Bij de risicoberekeningen voor waterstoftankstations wordt conform de rekenvoorschriften voor het ontsteken van waterstof bij ongewenste uitstroming uitgegaan van een ontstekingskans van 1. Dit houdt in dat de waterstof altijd direct ontsteekt. Het RIVM is momenteel bezig met een onderzoek naar de risico's van het transport van waterstof. In dit onderzoek blijkt uit casuïstiek dat waterstof niet altijd ontsteekt. Voor de berekeningen van de risico's van het transport van waterstof zal daarom waarschijnlijk een andere ontstekingskans worden meegenomen die in de orde grootte 0.7 – 0.9 ligt. Voor zowel een ontstekingskans van 0.7 als van 0.9 is een berekening uitgevoerd. Bij een vertraagde ontsteking van 0.7 gaat het rekenmodel in 70% van de gevallen er van uit dat de waterstof die vrij komt direct ontsteekt. Voor de andere 30% komt het gas vrij en ontsteekt dit pas op een later moment. In het rekenmodel zal conform de standaard de gaswolk bij een bepaald niveau ontsteken of als deze de inrichtingsgrens bereikt. Figuur 11 en figuur 12 tonen het resultaat. Uit deze berekeningen blijkt dat deze aanpassing weinig tot geen invloed heeft op de ligging van de risico contouren. Alleen bij de bovenste dispenser en de 520 bar buffer zijn twee 'artefacten' te zien. Deze worden veroorzaakt door hun ligging ten opzichte van de inrichtingsgrens. In het rekenmodel wordt bij een vertraagde ontsteking de inrichtingsgrens als ontstekingsbron aangenomen. Op het moment dat de afdrijvende gaswolk de inrichtingsgrens bereikt zal deze, in de berekening, ontsteken. Dit zorgt voor de vervorming van de contour in figuur 11 en 12.



Figuur 11. Geveelighedsanalyse PR 10^{-6} ontstekingskans 0.7

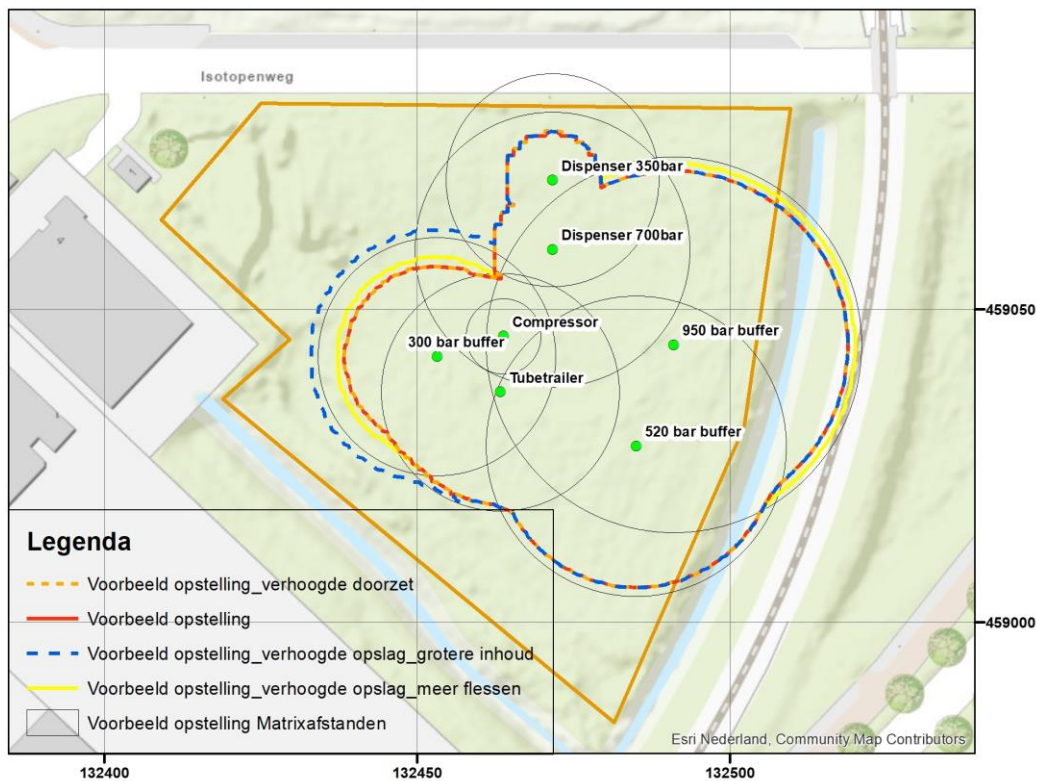


Figuur 12. Gevoelighedsanalyse PR 10^{-6} ontstekingskans 0.9

4.5 Conclusie gevoelighedsanalyse

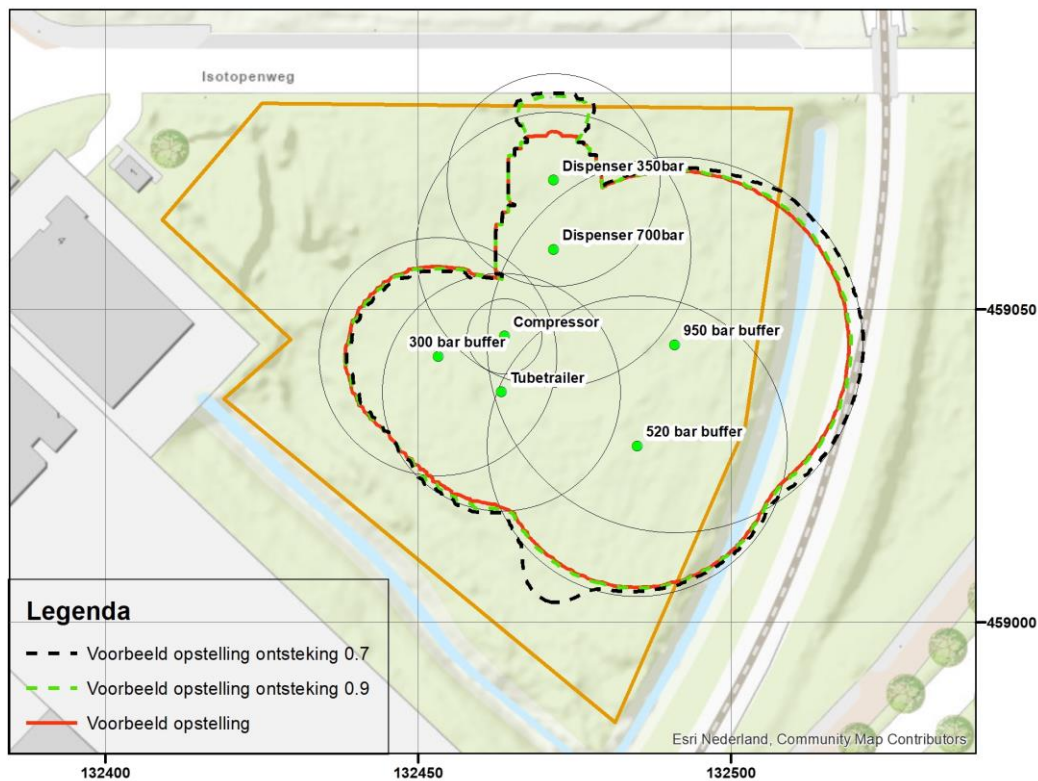
Uit de gevoelighedsanalyses blijkt dat de onderzochte variabelen weinig tot geen verhoging van de PR 10^{-6} contour met zich meebrengt. Figuur 13 en figuur 14 tonen in twee overzichten alle resultaten van de gevoelighedsanalyses in vergelijking met de afstanden in de matrixtabel.

Figuur 13 laat zien dat de gevoelighedsanalyse van de doorzet en de inhoud, met uitzondering van de 300 bar buffer met grotere inhoud, niet resulteert in PR 10^{-6} contour die groter is dan de afstanden in de matrixtabel. Een grotere 300 bar buffer leidt tot een berekende PR 10^{-6} afstand die groter is dan de matrixafstand. In het rekenvoorbeeld is hier een tube met inhoud 4.7 m^3 gekozen.



Figuur 13. Gevoeligheid doorzet en inhoud

Figuur 14 toont de resultaten van de analyse met lagere kansen voor directe ontsteking, te weten 0.7 en 0.9. Uit deze berekeningen blijkt dat deze aanpassing weinig tot geen invloed heeft op de ligging van de risico contouren. Alleen bij de bovenste dispenser en de 520 bar buffer zijn twee 'artefacten' te zien. Deze worden veroorzaakt door hun ligging ten opzichte van de inrichtingsgrens, deze dient als ontstekingsbron voor PR berekeningen. De PR 10^{-6} contouren liggen verder dicht bij de matrixafstanden.



Figuur 14. Gevoeligheid ontstekingskans

Uit de analyses blijkt verder dat er bij de dispenser, ten opzichte van de andere installatieonderdelen, een groter verschil zit tussen de berekende PR 10^{-6} contour en de matrixafstanden. Dit wordt veroorzaakt doordat bij de PR berekeningen in het rekenprogramma is uitgegaan van een leiding die aanwezig is tussen de buffer en de dispenser. De aanwezigheid van deze leiding zorgt, in vergelijking met een installatieonderdeel zonder leiding, voor een lager uitstroomdebiet en daarmee een kleinere fakkel. Een kleinere fakkel zorgt voor een kleinere PR contour en kleinere effectafstanden. Om te voorkomen dat voor de dispenser een te ruime afstand wordt aangehouden is gekeken of deze afstanden eventueel aangepast kunnen worden. Met de werkgroep en in overleg met het RIVM zijn de volgende twee mogelijkheden besproken: een aparte matrixtabel opstellen voor dispensers en een correctiefactor voor de dispenser opnemen bij de matrixtabel. De voorkeur is uitgesproken voor een correctiefactor die voor de dispenser toegepast kan worden. Hoofdstuk 5 beschrijft hoe te komen tot de correctiefactor.

Uit de analyse blijkt ook dat voor een 300 bar buffer met een grotere inhoud dan die van het voorbeeld waterstoftankstation de plaatsgebonden risicocontour groter is dan de daarvoor geldende matrixafstand. In hoofdstuk 6 wordt de invloed van de inhoud van de drukhouder op de resultaten verder beschouwd.

5 Correctiefactor dispenser

Op basis van de vergelijking tussen de afstanden (in meters) in de matrixtabel en de berekende PR contouren blijkt dat bij de dispenser, in tegenstelling tot de overige installatieonderdelen, de afstanden significant afwijken. De oorzaak van deze afwijking ligt in het feit dat bij de berekeningen van het plaatsgebonden risico bij de dispenser uit wordt gegaan van de aanwezigheid van een leiding die zorgt voor de aanvoer van waterstof naar de dispenser. In deze berekeningen is uitgegaan van een leiding met een lengte van 5 m. Voor het bepalen van een correctiefactor voor de afstanden in de matrixtabel voor de dispenser met aanwezigheid van een leiding is in eerste instantie voor alle diameters en drukken de effectafstand berekend waarbij in alle gevallen een leiding van 5 meter aanwezig is (met de in de tabel aangegeven diameter). Tabel 13 toont de resultaten van deze berekening.

De groen gearceerde cellen zijn de drukken en leidingdiameters die tot nu toe bekend zijn bij dispensers. De dispensers die op dit moment gebruikt worden (of gebruikt gaan worden) hebben een druk van of 350 bar (levering aan bussen bijvoorbeeld) of 700 bar (levering aan personen auto's). De grootste leidingdiameter die voor dit installatieonderdeel tot nu toe gebruikt wordt is 15 mm. Om die reden ligt de focus voor het bepalen van een correctiefactor in het groen gearceerde gebied.

Diameter [mm] Druk [bar]	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	45	50
0-30	2	2	3	3	4	4	7	9	12	16	19	24	26
30-300	5	6	7	9	10	12	20	28	36	45	53	65	71
300-520	6	8	9	11	13	15	25	35	45	56	65	81	89
520-950	8	10	12	14	17	20	32	44	57	70	80	100	109
950-1250	9	11	13	16	19	22	35	48	62	76	87	108	119

Tabel 13. Matrixtabel maximale effectafstand [m] diameter vs druk inclusief leiding met lengte 5 m.

Tabel 14 laat de factor van de effectafstand met aangesloten leiding zien ten opzichte van de afstanden in de matrixtabel (zie Tabel 12). Naarmate de diameter van de leiding groter wordt, wordt de invloed van de leiding op de effectafstand steeds kleiner.

Diameter [mm] Druk [bar]	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	45	50
0-30	0,57	0,59	0,61	0,62	0,64	0,65	0,71	0,75	0,79	0,81	0,86	0,92	0,93
30-300	0,52	0,55	0,57	0,58	0,60	0,62	0,71	0,76	0,80	0,83	0,89	0,91	0,92
300-520	0,51	0,54	0,56	0,58	0,60	0,63	0,72	0,76	0,80	0,84	0,89	0,91	0,92
520-950	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65	0,72	0,76	0,80	0,86	0,88	0,91	0,92
950-1250	0,50	0,54	0,57	0,60	0,63	0,65	0,72	0,76	0,80	0,87	0,88	0,91	0,92

Tabel 14. Factor maximale effectafstand [-] met leiding 5 m ten opzichte van het systeem zonder leiding.

Tabel 14 laat voor de groen gearceerde cellen een maximale factor van 0.72 zien. Bij de kleinste leidingdiameters is de factor 0.5. De effectafstanden zijn in die range relatief klein. Afgerond naar boven zou een correctiefactor van 0.75 toegepast kunnen worden bij de dispenser voor de correctie van de aanwezigheid van een leiding. De correctiefactor zou dan van toepassing zijn bij dispenser met een druk tussen de 300 en 950 bar en een leidingdiameter tussen 5 en 15 mm. Bij andere druk of diameter van de dispenser is de correctiefactor niet van toepassing. Tabel 15 toont de afstanden in meters op basis van de correctiefactor 0.75.

Diameter [mm] Druk [bar]	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	45	50
0-30	2	3	3	4	4	5	7	9	12	14	17	20	21
30-300	7	8	10	11	13	14	21	28	34	40	45	54	58
300-520	9	11	13	15	16	18	26	35	43	50	55	67	72
520-950	12	14	16	18	21	23	33	43	53	61	68	82	89
950-1250	13	15	18	20	23	25	36	47	58	66	74	89	97

Tabel 15. Matrixtabel maximale effectafstand [m] diameter vs druk met correctiefactor 0.75.

6 Beschouwing scenario instantaan falen drukhouder

Op basis van de vergelijking tussen de afstanden in de matrixtabel en de berekende PR contouren blijkt dat voor een lagedruk buffer met een grotere inhoud dan die van het voorbeeld waterstoftankstation de plaatsgebonden risicocontour groter is dan de daarvoor geldende matrixafstand. Als de druk in de buffer toeneemt neemt dit verschil af. Reden van het verschil is de invloed van het scenario “instantaan falen” van de drukhouder. Bij een lagedruk buffer is het effect van het “instantaan falen” scenario groter dan het effect van de fakkel (10 mm lek). Bij hogedruk buffers is dit verschil in effect niet aanwezig, door de druk in het systeem die voor langere fakkels zorgt.

In dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt van de maximale effectafstand in meters van het scenario instantaan falen bij verschillende drukken en inhouden ten opzichte van de effectafstand in meters van het 10 mm lek scenario welke wordt aangehouden voor buffers. Tabel 16 toont deze vergelijking. In de tabel worden de 1% letaliteitsafstanden in meters gegeven voor de verschillende druk en inhoud combinaties. De laatste kolom laat de 1% letaliteitsafstand in meters zien van scenario 10 mm lek. Alle 1% letaliteitsafstanden horend bij het scenario “instantaan falen” die groter zijn dan de 1% letaliteitsafstand van het 10 mm lek (fakkel) van het voorbeeld waterstoftankstation, zijn rood gekleurd.

Inhoud per cilinder [m ³] Druk [bar]	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	Lek [10 mm]
30	7	7	8	8	9	9	10	6
300	16	18	19	21	22	23	24	19
520	19	21	23	25	26	28	29	24
950	23	25	27	29	31	32	34	30
1250	24	27	29	31	33	35	36	33

Tabel 16. Vergelijking 1% effectafstanden [m] van scenario's instantaan falen cilinder en lek 10 mm

Uit tabel 16 blijkt dat bij drukken tot 30 bar de effectafstand van het instantaan falen groter is dan die van het lek 10 mm scenario. Voor deze buffers is de tabel daarmee minder geschikt. Het verschil bij 5 m³ is circa 4 meter. Verder blijkt uit de tabel dat bij hogere drukken de inhoud per cilinder groter mag zijn doordat de 1% letaliteitsafstand wordt bepaald door het instantaan falen scenario.

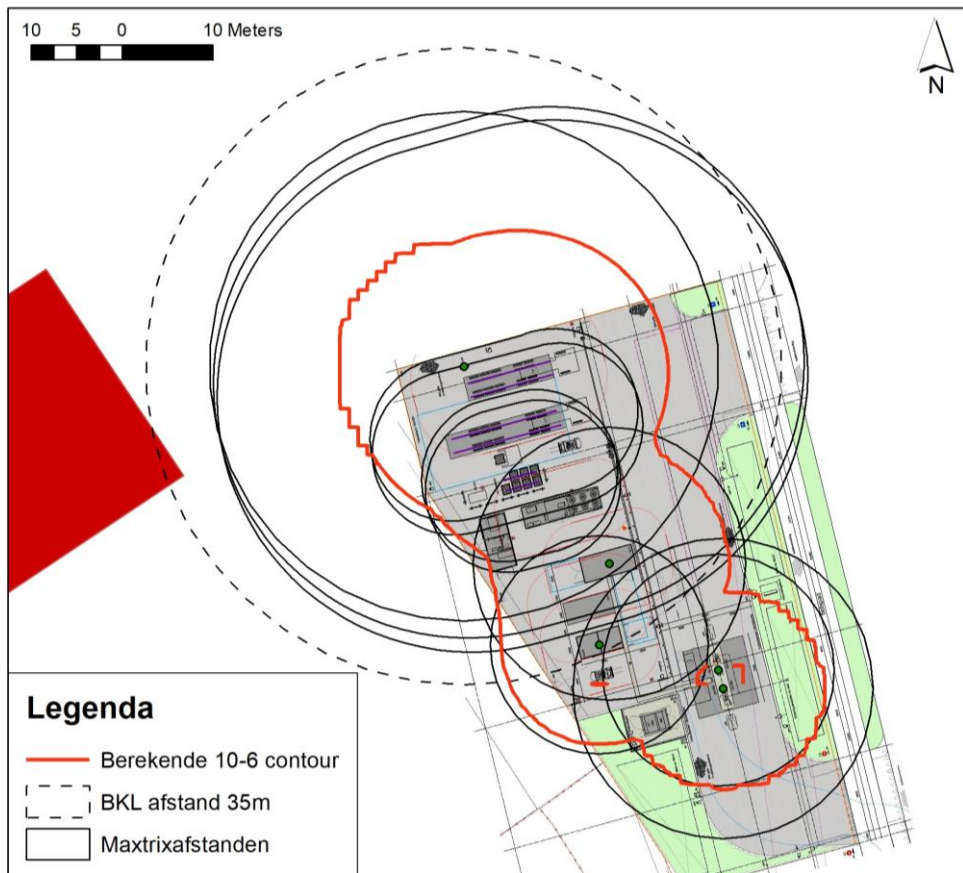
Er wordt voorgesteld de matrixtabel alleen toepasbaar te laten zijn voor cilinders met druk hoger dan 30 bar en een inhoud per cilinder van 3 m³ of minder.

7 Consequentieonderzoek

7.1 Verificatie matrixtabel

In dit rapport zijn voor een voorbeeld waterstoftankstation de afstanden zoals genoemd in de matrixtabel vergeleken met de PR 10^{-6} contouren voor verschillende uitgangspunten en gevoeligheden. Op basis van deze resultaten zou de matrixtabel gebruikt kunnen worden als de tabel met vaste afstanden voor de PR 10^{-6} contour voor waterstoftankstations. Deze conclusie wordt geverifieerd met een consequentieonderzoek. De PR 10^{-6} contouren van 10 risicoanalyses die zijn uitgevoerd voor waterstoftankstations die nu in gebruik zijn of bijna in gebruik zijn, worden vergeleken met de afstanden uit de matrixtabel. Hierbij wordt beoordeeld of de invoering van de matrixtabel als vaste afstand voor PR 10^{-6} contour zorgt voor knelpunten bij reeds vergunde waterstoftankstations.

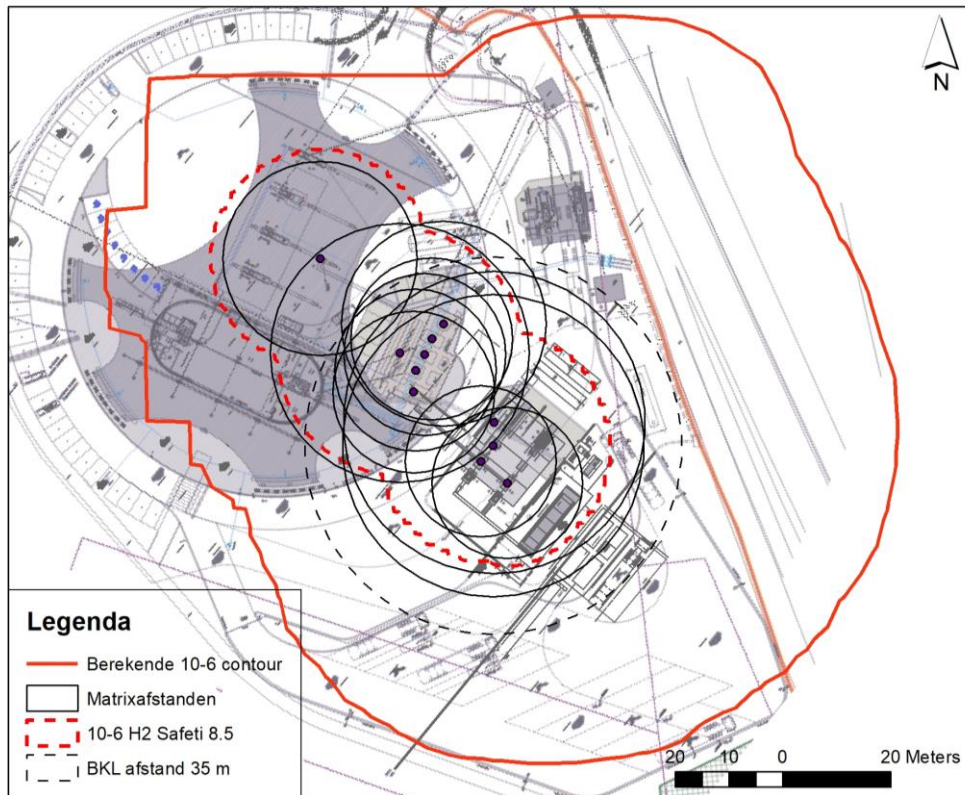
In het consequentieonderzoek zijn voor 10 waterstoftankstations een aantal contouren met elkaar vergeleken. Per inrichting is inzichtelijk gemaakt wat de vergunde plaatsgebonden risicocontour PR 10^{-6} /jaar is, welke afstanden uit de matrixtabel van toepassing zijn, welke gebouwen in de directe omgeving van het tankstation aanwezig zijn (als dit het geval is) en waar de vaste PR 10^{-6} contour uit het Besluit kwaliteit leefomgeving zou komen te liggen. Tevens is bij alle dispensers voor de afstand in de matrixtabel een correctiefactor van 0.75 toegepast (zie hoofdstuk 5). De figuren 15 t/m 24 tonen de vergelijkingen. Onder elke figuur wordt voor de betreffende inrichting een korte toelichting gegeven.



Figuur 15. Inrichting 1

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is de grootste contour en reikt net tot over een naastgelegen gebouw. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.

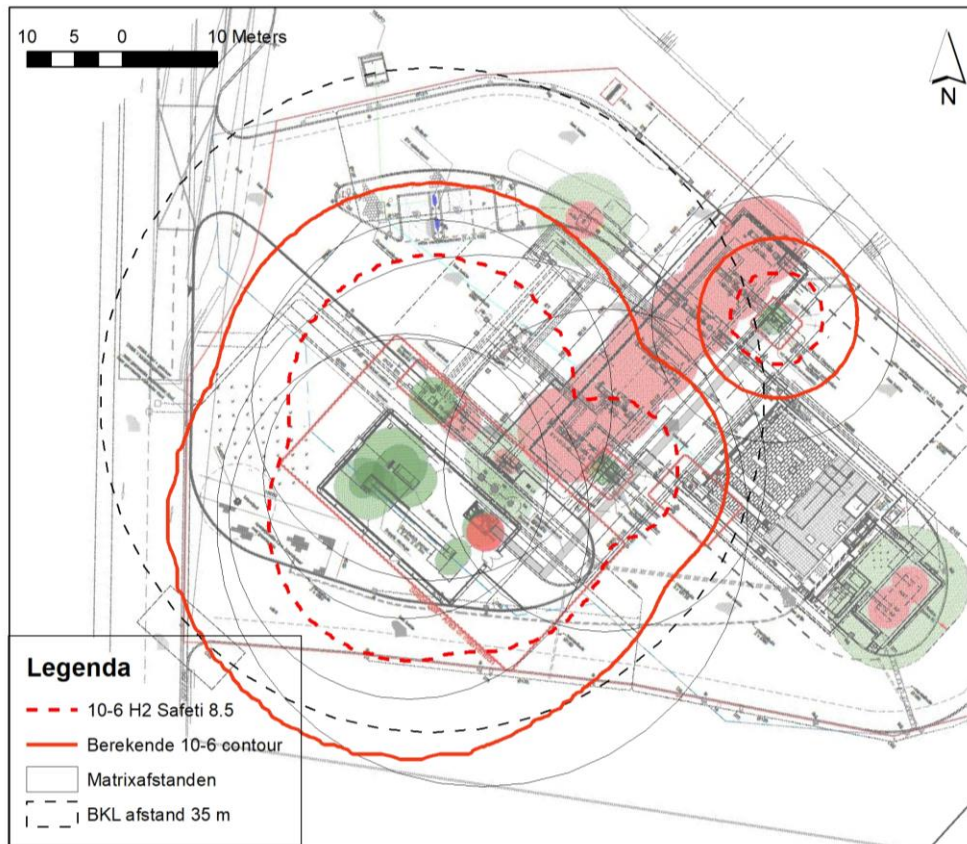
Bij de trailer liggen de matrixafstanden ruim voorbij de berekende 10^{-6} contour. Dit komt omdat hier vulslangen aanwezig zijn met een diameter van 11 mm. Deze worden in de matrixtabel naar boven (15 mm) afgerond voor het aflezen van de matrixafstand.



Figuur 16. Inrichting 2

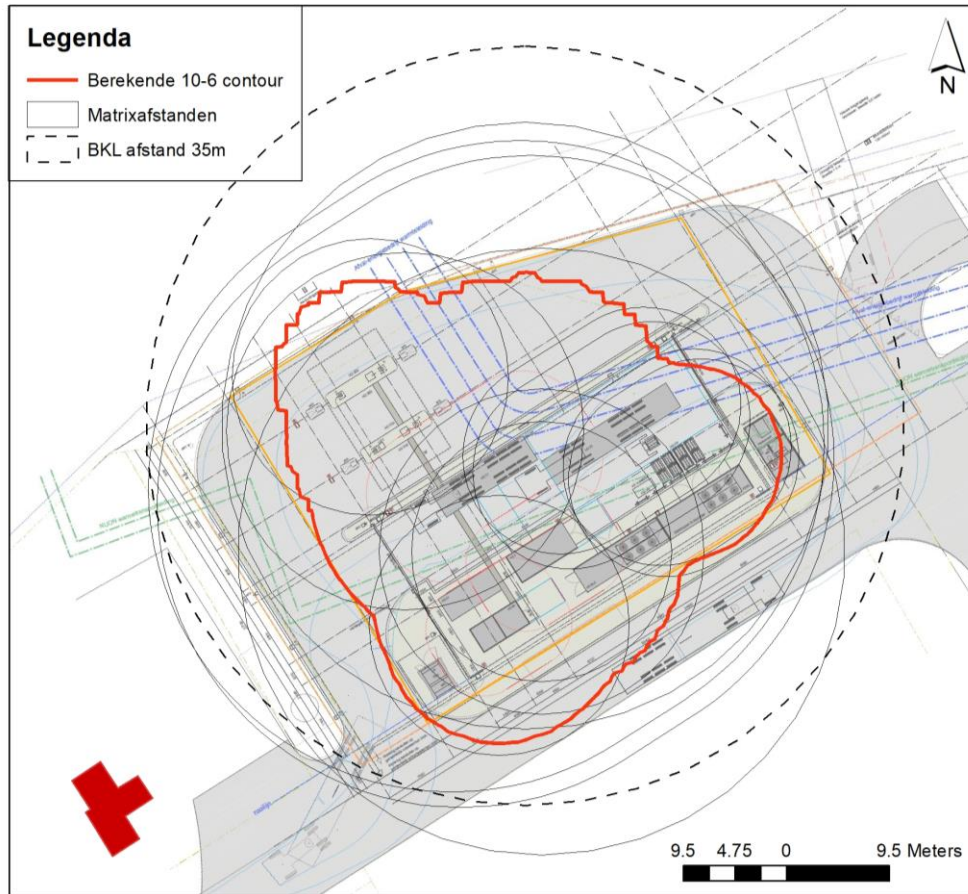
Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour groter dan de vaste afstanden uit de matrixtabel en groter dan de Bkl-contour. Dit komt doordat het plaatsgebonden risico is berekend met een verouderde versie van Safeti-NL (versie 6.54) en omdat ook LPG en LNG zijn meegenomen in de berekening. Voor een goede vergelijking zijn de risico's van de vergunde waterstofinstallatie ook doorgerekend met de meest actuele versie van Safeti-NL (versie 8.5). In het noorden van de inrichting is de "nieuwe" PR 10^{-6} contour groter dan de afstand uit de matrixtabel. Dit komt omdat in het rekenmodel de uitstroming is gemodelleerd als een 'lek' in plaats van een 'short pipe'. Het effect van de voorliggende leiding (zie hoofdstuk 5) werd daarom niet meegenomen.

Verder zijn de afstanden uit de matrixtabel groter dan de berekende contour. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is groter dan de contouren van de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



Figuur 17. Inrichting 3

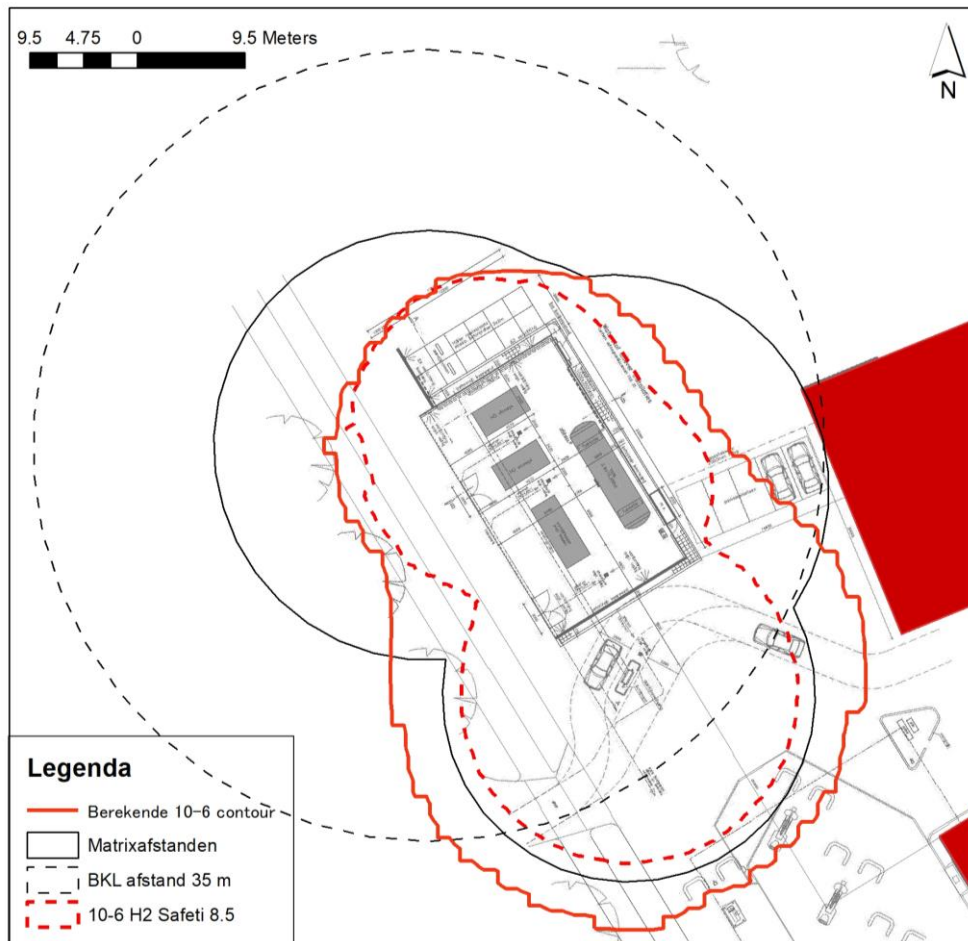
Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour deels groter dan de vaste afstanden uit de matrixtabel en in het zuiden groter dan de Bkl-contour. Dit komt doordat het plaatsgebonden risico is berekend met een verouderde versie van Safeti-NL (versie 6.54). Voor een goede vergelijking zijn de risico's van de vergunde situatie ook doorgerekend met de meest actuele versie van Safeti-NL (versie 8.5). De "nieuwe" PR 10^{-6} contour is kleiner dan de afstand uit de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel zijn groter dan de berekende contour. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is met uitzondering van een deel in het zuiden, groter dan de contouren van de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



Figuur 18. Inrichting 4

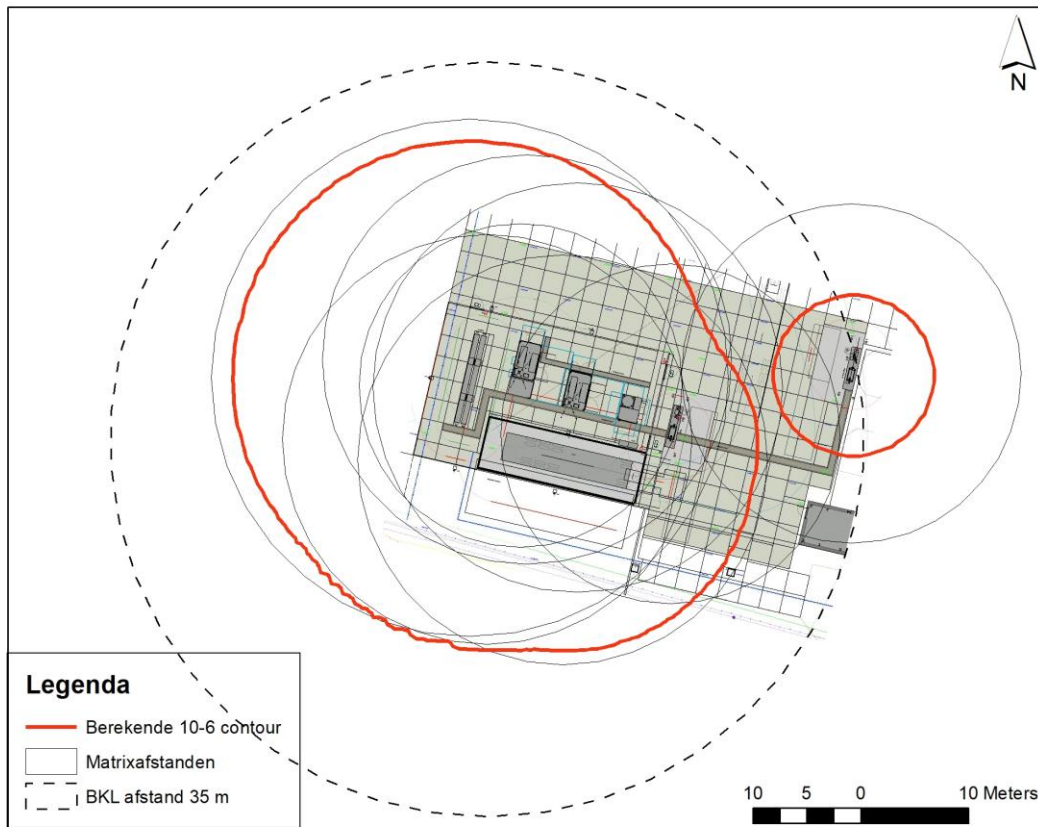
Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is deels de grootste contour en reikt niet tot over een naastgelegen gebouw. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.

Bij de trailer liggen de matrixafstanden ruim voorbij de berekende 10^{-6} contour. Dit komt omdat hier vulslangen aanwezig zijn met een diameter van 11 mm. Deze worden in de matrixtabel naar boven (15 mm) afgerond voor het aflezen van de matrixafstand.



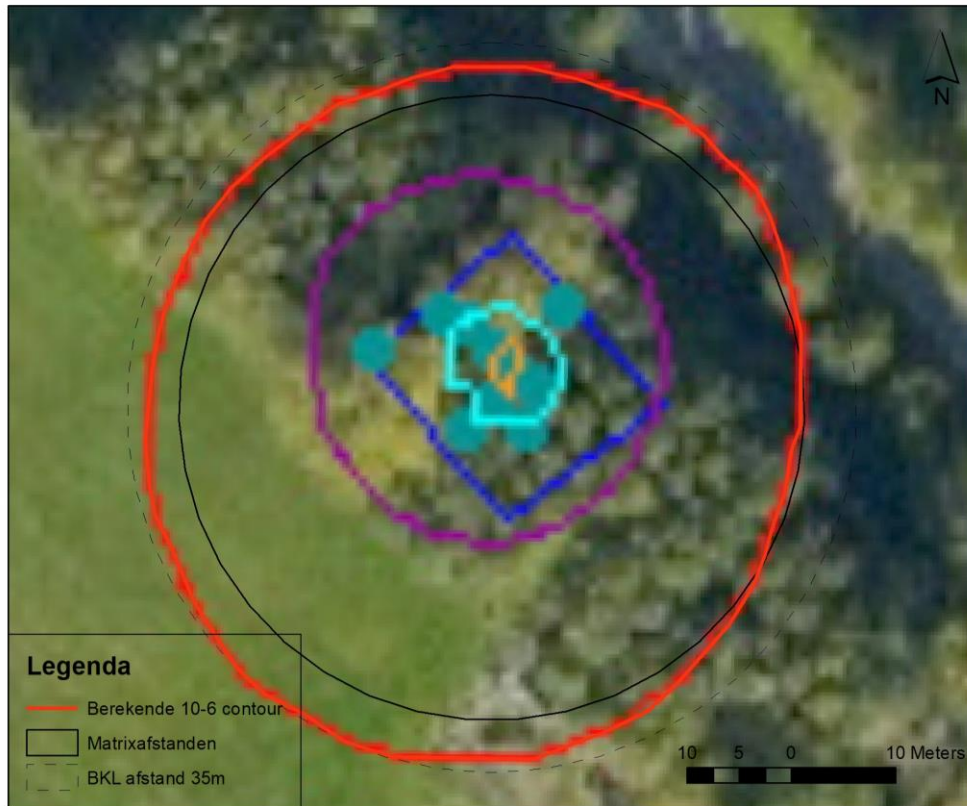
Figuur 19. Inrichting 5

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour deels groter dan de vaste afstanden uit de matrixtabel en in het zuiden groter dan de Bkl-contour. Dit komt doordat het plaatsgebonden risico is berekend met een verouderde versie van Safeti-NL (versie 6.54). Voor een goede vergelijking zijn de risico's van de vergunde situatie ook doorgerekend met de meest actuele versie van Safeti-NL (versie 8.5). De "nieuwe" PR 10^{-6} contour is kleiner dan de afstand uit de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel zijn groter dan de berekende contour en deze reikt in het oosten net tot aan een gebouw van derden. De Bkl-contour is met uitzondering van een deel in het zuiden, groter dan de contouren van de matrixtabel en reikt tot over een gebouw van derden. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



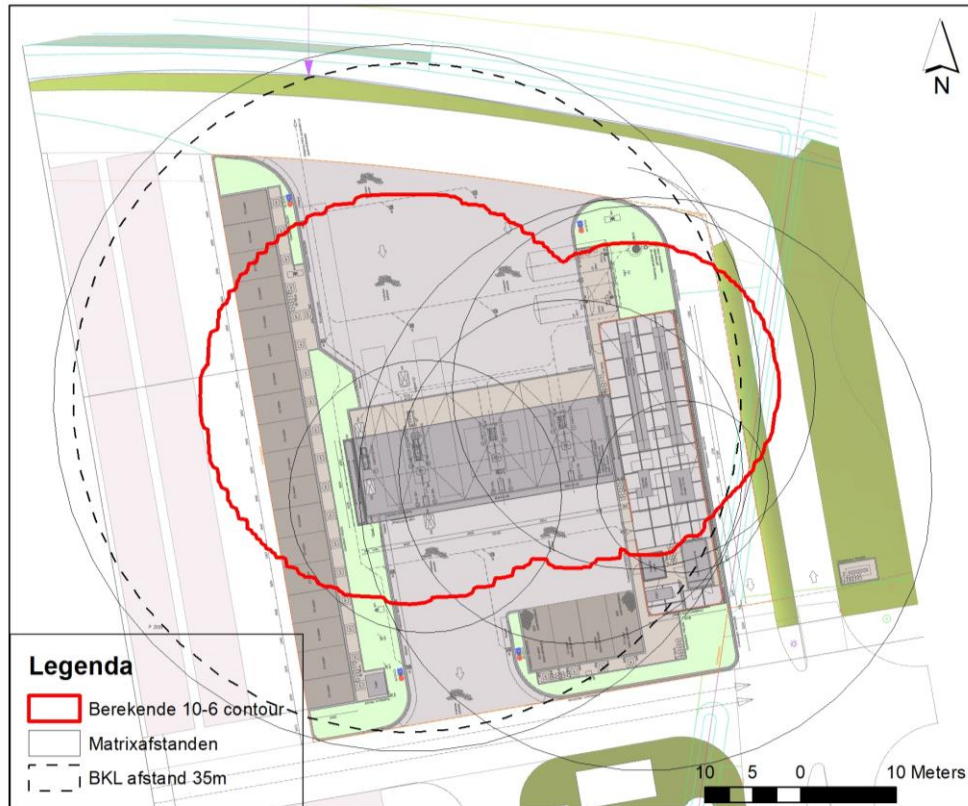
Figuur 20. Inrichting 6

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is bijna overal de grootste contour en reikt niet tot over een naastgelegen gebouw. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



Figuur 21. Inrichting 7

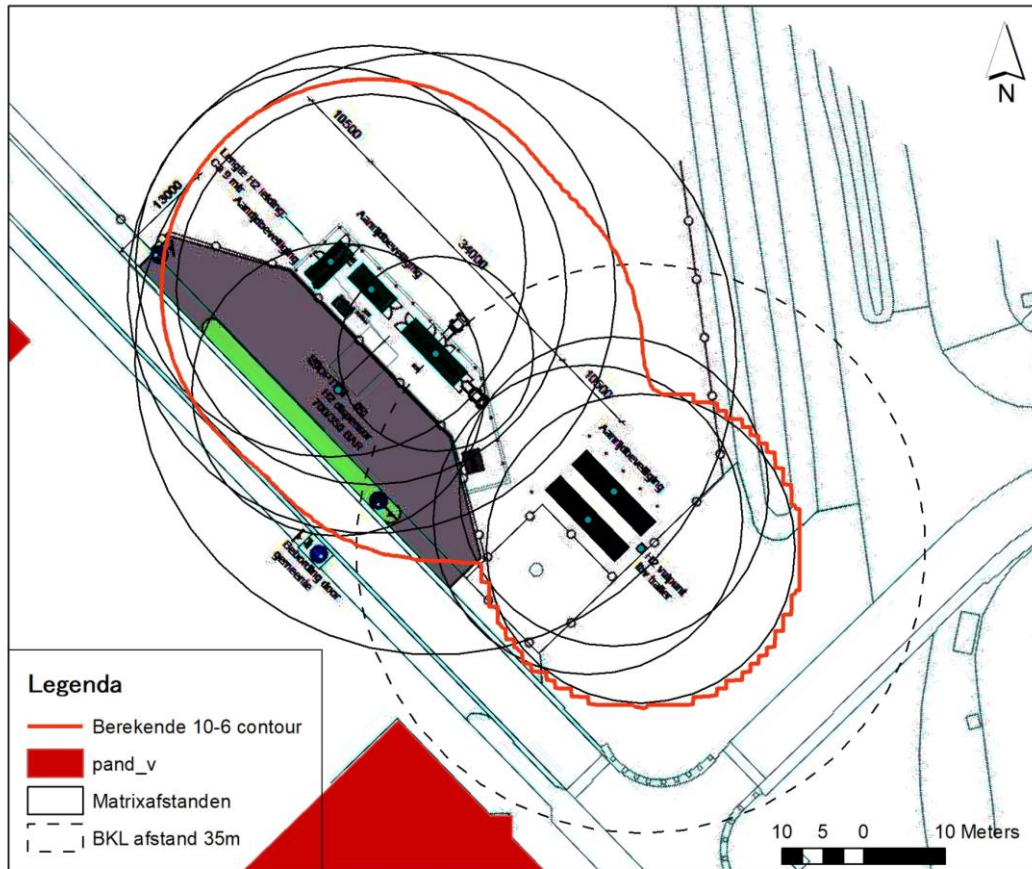
De berekeningen van dit waterstoftankstation zijn niet door AVIV uitgevoerd, maar door Tebodin. Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour, op één stukje na in het oosten, groter dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Dit komt doordat het plaatsgebonden risico is berekend met een verouderde versie van Safeti-NL (versie 6.54). Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is groter of gelijk aan de berekende contour. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



Figuur 22. Inrichting 8

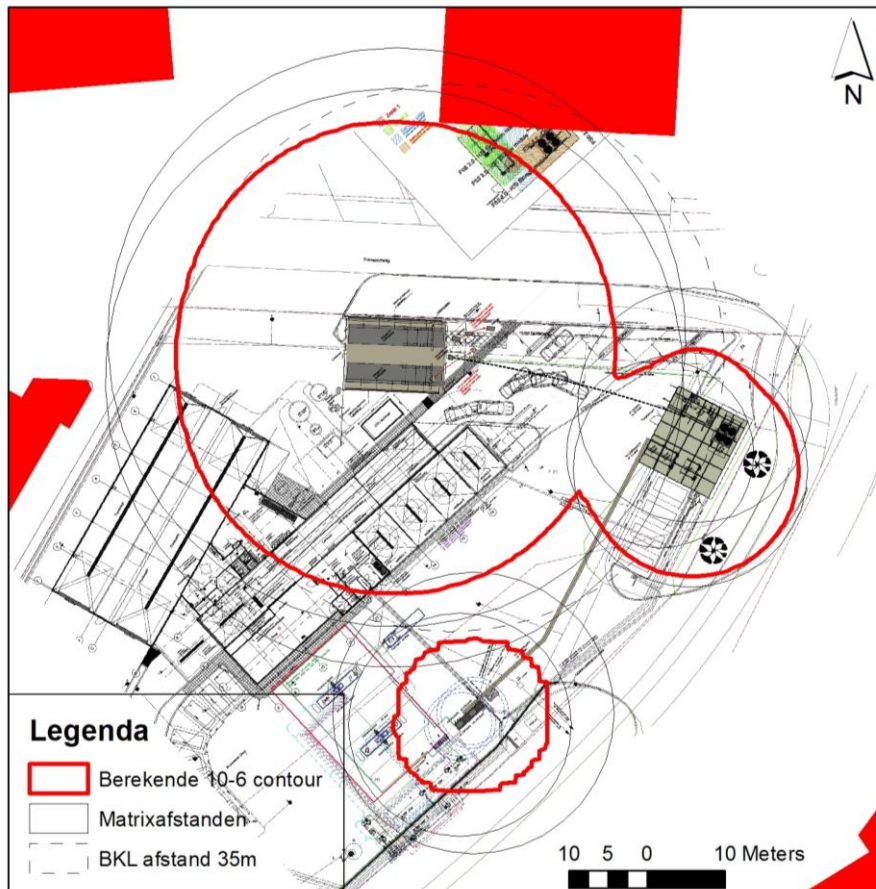
Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is kleiner dan de afstanden uit de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.

Bij de trailer liggen de matrixafstanden ruim voorbij de berekende 10^{-6} contour. Dit komt omdat hier vulslangen aanwezig zijn met een diameter van 16 mm. Deze worden in de matrixtabel naar boven (20 mm) afgerond voor het aflezen van de matrixafstand.



Figuur 23. Inrichting 9

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10⁻⁶ contour grotendeels kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Alleen bij het vulpunt ligt de maxtrix afstand iets minder ver dan de berekende contour, dit komt door de afronding van de afstanden. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is groter dan de afstanden uit de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



Figuur 24. Inrichting 10

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10⁻⁶ contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. De vergunde PR 10⁻⁶ contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De BKL-contour is kleiner dan de afstanden uit de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel liggen bij de trailers over een bedrijfspannd ten noorden van de inrichting. Het gaat hier om een beperkt kwetsbaar object. Deze situatie kan gedoogd worden door het bevoegd gezag aangezien ten noorden van de trailers een brandmuur is geplaatst welke het effect van de fakkel in werkelijkheid verkleint.

Bij de trailer liggen de matrixafstanden ruim voorbij de berekende 10⁻⁶ contour. Dit komt omdat hier vulslangen aanwezig zijn met een diameter van 16 mm. Deze worden in de matrixtabel naar boven (20 mm) afgerond voor het aflezen van de matrixafstand.

Resumerend

Van de 10 waterstof tankstations die beoordeeld zijn is in 3 gevallen de berekende PR 10⁻⁶ contour groter dan de afstanden in de matrixtabel. In de andere gevallen is de PR 10⁻⁶ contour kleiner dan de afstanden in de matrixtabel. In vijf van deze gevallen is de matrixtabel ruim groter. Dit komt door de daar aanwezige slangdiameters van 11 en 16 mm. Deze komen in

de praktijk vaker voor en door de afronding naar boven in de matrixtabel, worden de afstanden ineens een stap groter. Om deze reden is besloten de matrixdiameters aan te passen van 10 naar 11 mm en van 15 naar 16 mm en de bijbehorende afstanden hierop aan te passen.² In bijlage 3 worden de 4 inrichtingen nogmaals getoond met matrixafstanden conform tabel 16. In geen van de gevallen leiden de afstanden uit de matrixtabel tot knelpunten ten opzichte van de omgeving.

Berekeningen die in het verleden zijn uitgevoerd met Safeti-NL 6.54 zorgen voor grotere PR contouren dan de berekeningen die met de huidige versie van Safeti-NL zijn uitgevoerd. Voor deze inrichtingen zijn de afstanden uit de matrixtabel kleiner dan de vergunde PR 10^{-6} contour.

In de volgende versie van Safeti-NL is sprake van een aangepast fakkelman model. Dit zou nog kunnen zorgen voor andere uitkomsten van de berekeningen en daarmee voor aangepaste afstanden in de matrixtabel.

7.2 Beperken variabelen matrixtabel

De matrixtabel is een vrij uitgebreide tabel met een grote range van de variabelen. Voor de variabelen in druk is aansluiting gezocht bij de huidige praktijk. Voor de diameter is in eerste instantie in het onderzoek gekozen voor relatief kleine stapjes. Dit om te bepalen welke invloed de leidingdiameter heeft op de afstanden. Voor een werkbare matrixtabel zal deze nog vereenvoudigd kunnen worden tot wat minder variabelen van de leidingdiameter. Op basis van de verificatie van de matrixtabel zoals hierboven beschreven in paragraaf 7.1 blijkt dat door de aangenomen stappen in matrixtabel, bij een aantal tankstations een relatief groot verschil zit tussen de berekende afstanden en de afstanden in de matrixtabel. Dit komt door de afronding van de leidingdiameters naar de bovengelegen leidingdiameter in de tabel.

Daarnaast blijkt ook op basis van de huidige praktijk (onder andere in de beoordeelde risicoanalyses in paragraaf 7.1) dat allerlei verschillende leidingdiameters voorkomen, maar dat een aantal diameters significant vaker voorkomen dan andere. Diameters van 5, 6, 8, 10 en 11 mm komen het meest voor. Het ligt dan ook voor de hand deze diameters op te nemen in een vereenvoudigde matrixtabel. De afstanden die horen bij de 7 en 9 mm leidingen die bijna niet voorkomen, hebben in paragraaf 7.1 niet geleid tot verschillen en de bijhorende afstanden zijn ook maar minimaal kleiner dan de afstand horend bij de voor de afronding navolgende diameter.

In het kader van de resultaten uit paragraaf 7.1 over de afronding van de leidingdiameters in de matrixtabel, zijn 11 en 16 mm gekozen als stappen in de matrixtabel. Dit komt overeen met leidingdiameters in de praktijk en de onderzochte risicoanalyses.

Voor de grotere diameters (20 mm en groter) geldt dat deze in de praktijk vele variaties kennen en in de matrixtabel vaak al naar boven moeten worden afgerond. Dit type leiding

² Uit een rondgang bij de werkgroep blijkt dat dit gangbare diameters zijn.

heeft grote effectafstanden en kan om die reden enkel worden toegepast bij inrichtingen die meer ruimte hebben. Gezien de relatief kleine verschillen in de afstanden is gekozen voor een stap van 15 mm.

Gekeken is of deze tabel op basis van de praktijk en de verschillen in afstanden vereenvoudigd kan worden. Resultaat van deze beschouwing is dat de matrixtabel kan worden ingekort tot een tabel met alleen de groen gearceerde kolommen (zie tabel 17). Toelichting op de tabel wordt gegeven in bijlage 2.

Diameter [mm] Druk [bar]	5	6	7	8	9	11	16	20	25	30	35	45	50
0-30	3	4	4	5	6	7	10	13	16	19	22	27	29
30-300	9	11	13	15	17	21	30	37	45	54	59	72	78
300-520	12	14	17	19	22	26	37	46	57	66	74	89	96
520-950	15	19	22	24	27	33	47	58	71	81	91	110	119
950-1250	17	21	24	27	30	36	51	63	78	88	99	119	129

Tabel 17. Voorstel vereenvoudigen matrixtabel als vaste afstanden tabel voor PR 10⁻⁶ afstand [m].

7.2.1 Aanpassing toepassingsgebied correctiefactor

De stappen in de matrixtabel zijn van 10 en 15 mm opgeschoven naar 11 en 16 mm. Voor het bepalen van de correctiefactor bij dispensers (zie hoofdstuk 5) zijn deze twee diameters niet in beschouwing genomen. De onderbouwing in bijlage 4 laat zien dat ook bij deze leidingdiameters de correctiefactor van 0.75 van toepassing is. De correctiefactor is daarmee in aansluiting op de voorgestelde matrixtabel, van toepassing bij dispensers met een druk tussen de 300 en 950 bar en een leidingdiameter tussen 5 en 16 mm.

8 Conclusie

In (de geconsolideerde versie van) het Besluit kwaliteit leefomgeving [1] (hierna Bkl) zijn in Bijlage VII vaste afstanden opgenomen voor het plaatsgebonden risico en het brandaandachtsgebied.

Het Waterstof Veiligheid Innovatie Programma (WVIP) ressorterend onder het H2Platform en specifiek Werkpakket 3 “Wet- en regelgeving en beleid” heeft bij het Ministerie IenW het verzoek ingediend de vaste afstanden voor waterstoftankstations te herzien.

Voor een betere aansluiting met de huidige praktijk is een nieuwe tabel ontwikkeld. Hiervoor zijn op basis van een voorbeeld waterstoftankstation de risico's berekend en deze zijn vergeleken met de berekende effectafstanden die daarbij horen. Resultaat is een matrixtabel (zie tabel 18) met vaste afstanden in meters voor het plaatsgebonden risico van waterstoftankstations die past bij de huidige praktijk, inclusief een doorkijk naar toekomstige ontwikkelingen. Op basis van de conclusie in hoofdstuk 6 is de tabel toepasbaar voor insluitsystemen (buffers) tot 3 m³ en met een druk > 30 bar. Voor tankstations waar insluitsystemen (buffers) aanwezig zijn groter dan 3 m³ en met een druk kleiner dan 30 bar, is de tabel niet van toepassing. Uitgangspunten en resultaten zijn in afstemming met de werkgroep (zie bijlage 1) vastgesteld. Toelichting op de tabel wordt gegeven in bijlage 2.

Diameter [mm] Druk [bar]	5	6	8	11	16	20	35	50
0-30	3	4	5	7	10	13	22	29
30-300	9	11	15	21	30	37	59	78
300-520	12	14	19	26	37	46	74	96
520-950	15	19	24	33	47	58	91	119
950-1250	17	21	27	36	51	63	99	129

Tabel 18. Matrixtabel te gebruiken als vaste afstanden tabel voor PR 10⁻⁶ afstand [m]

De matrixtabel is gebaseerd op de maximale effectafstand in meters die wordt bepaald door de 10 kW/m². Ook het brandaandachtsgebied, dat onder de Omgevingswet van toepassing is, is gebaseerd op de 10 kW/m². Om die reden zal het brandaandachtsgebied bij een waterstoftankstation nooit groter zijn dan de afstanden die genoemd zijn in de matrixtabel. Daarnaast geldt dat binnen de PR 10⁻⁶ contour geen (zeer) (beperkt) kwetsbare objecten aanwezig mogen zijn. Dus binnen het brandaandachtsgebied zullen daarom ook geen mensen verblijven. Als de afstanden uit de matrixtabel van toepassing zijn op een waterstoftankstation is een verdere beschouwing van het brandaandachtsgebied daarom niet noodzakelijk.

Op basis van een gevoeligheidsanalyse voor de aspecten doorzet, inhoud grootste opslag en een afwijkende ontstekingskans blijkt dat voor het plaatsgebonden risico de druk in het systeem en de diameter van de leiding de bepalende variabelen zijn.

Voor de dispenser blijken de afstanden in de matrixtabel substantieel groter te zijn dan de berekende PR afstanden. Oorzaak hiervan is de aanwezigheid van een leiding die zorgt voor een reductie van het uitstroomdebiet. Hierdoor wordt de fakkel kleiner. Binnen aangegeven kaders (zie bijlage 2) kan daarom voor de dispenser een correctiefactor 0.75 worden toegepast.

Uit het consequentieonderzoek blijkt dat de aan te houden afstanden zoals die zijn opgenomen in de matrixtabel niet leiden tot knelpunten in het kader van externe veiligheid.

De matrixtabel kan gebruikt worden als vaste afstanden tabel voor de PR 10^{-6} contour van waterstoftankstations. Om de tabel beperkt te houden wordt aanbevolen de gereduceerde tabel (zie tabel 18) op te nemen.

Referenties

1. Ministerie I&W 2022 Besluit kwaliteit leefomgeving
Geconsolideerde Staatsbladversie Bijgewerkt 10-06-2022
2. PGS 2021 Publicatiereeks gevaarlijke stoffen PGS 35:2021
Versie 1.0 (augustus 2021)
3. RIVM 2021 Handleiding risicoberekeningen BEVI
Versie 4.3 gedateerd 1 januari 2021
4. RIVM 2008 Modelleren gascilinders uit Handleiding
risicoberekeningen BEVI concept versie 1.4
5. RIVM 2016 Risico- en effectafstanden waterstoftankstations
Memo kenmerk 20160149 VLH HAS/Sta/sij gedateerd 3
oktober 2016

Bijlage 1. Samenstelling werkgroep

Samen met het ministerie van I&W (opdrachtgever) en het H2Platform is een werkgroep samengesteld met deelnemers die onder andere experts zijn (en vertegenwoordigen op het gebied van waterstoftankstations en waterstof in het algemeen. De werkgroep bestaat uit:

- V. van de Pas (projectleider en opdrachtgever namens ministerie I&W)
- B. Dessing (ministerie I&W)
- N. van den Berg (Rijkswaterstaat)
- P. Timmers (RIVM)
- F. van den Brink (NEN en namens H2Platform)
- Th. Post (Resato)
- B. Rodemond (Resato)
- C. Greenhalgh (Shell)

Bijlage 2 Toelichting matrixtabel

De afstanden in de matrixtabel gelden per installatieonderdeel. Er worden de volgende onderdelen onderscheiden:

- Tubetrailers/flessentrailers (gas)
- Compressors
- Buffers (combinatie van meerdere flessen/opslagvaten)
- Koelers
- Elektrolyzers
- Aanvoer via ondergrondse leiding
- Dispensers

Voor de Tubetrailers/flessentrailers (gas) moet uit worden gegaan van de gebruikte druk en de grootste omvang van de diameter van de grootste aansluiting en diameter van de vulslang.

Voor compressors moet uit worden gegaan van de invoerdruk en diameter van de invoerleiding.

Voor buffers is de afstand in de matrixtabel, op basis van de handleiding risicoberekeningen Bevi [3], afhankelijk van de grootte van de gasfles of de opslagtank. Voor flessen met inhoud kleiner dan 150 l moet in de matrixtabel uit worden gegaan van de aanwezige druk en 5 millimeter zoals staat in tabel 112 in Module C van de handleiding [3]. Voor opslagtanks (buffers) gelijk aan of groter dan 150 l moet in de matrixtabel uit worden gegaan van de aanwezige druk en een diameter van 10 millimeter (gat in buffer) zoals staat in tabel 13 in Module C van de handleiding [3]. Deze laatste wordt dan in de matrixtabel naar 11 mm afgerond.

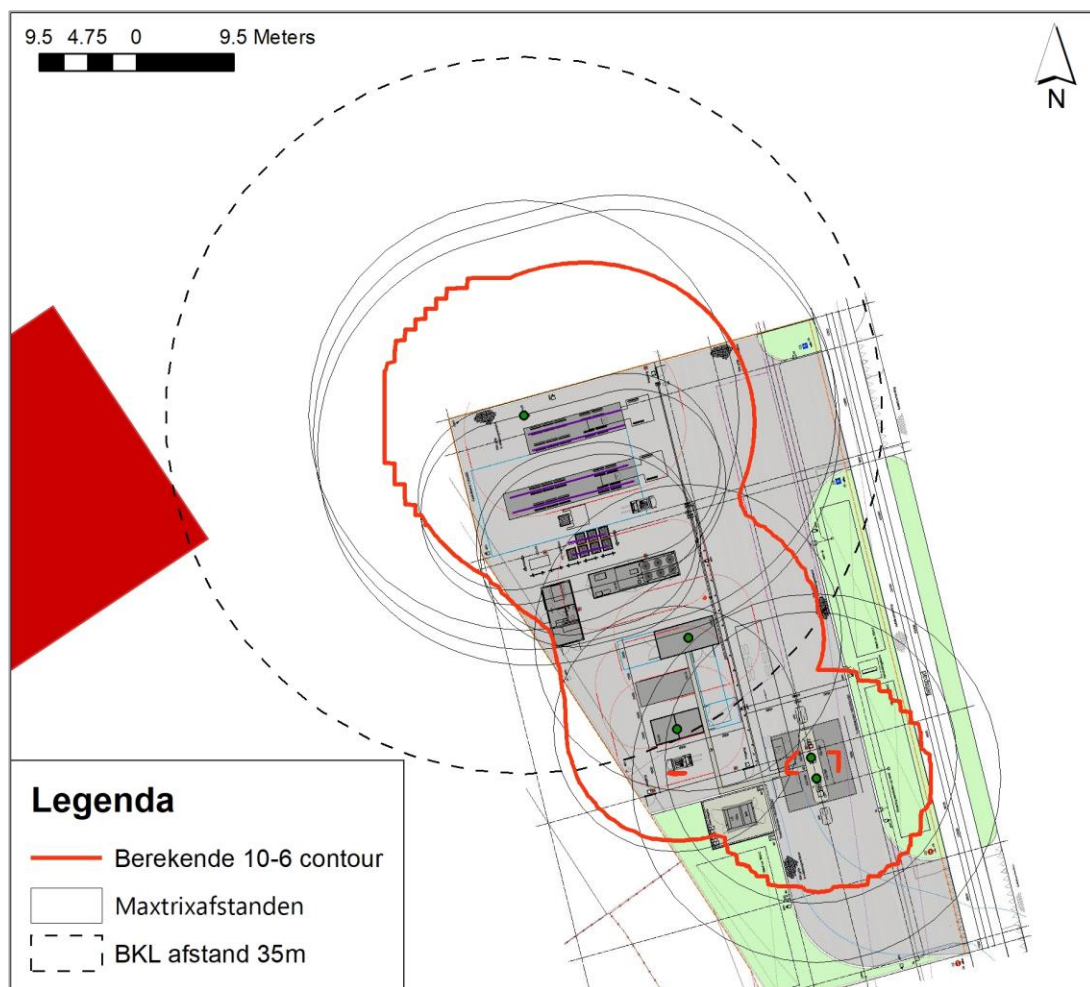
Voor de koelers moet uit worden gegaan van de grootst aanwezige diameter en de aanwezige druk.

Voor dispensers waar een leiding aanwezig is met een lengte van ten minste 5 meter kan een correctiefactor van 0.75 toegepast kunnen worden. De correctiefactor is van toepassing bij dispensers met een druk tussen de 300 en 950 bar en een leidingdiameter tussen 5 en 16 mm. In alle andere gevallen is de correctiefactor niet van toepassing.

De matrixtabel is toepasbaar voor cilinders met druk hoger dan 30 bar en een inhoud per cilinder van 3 m³ of minder.

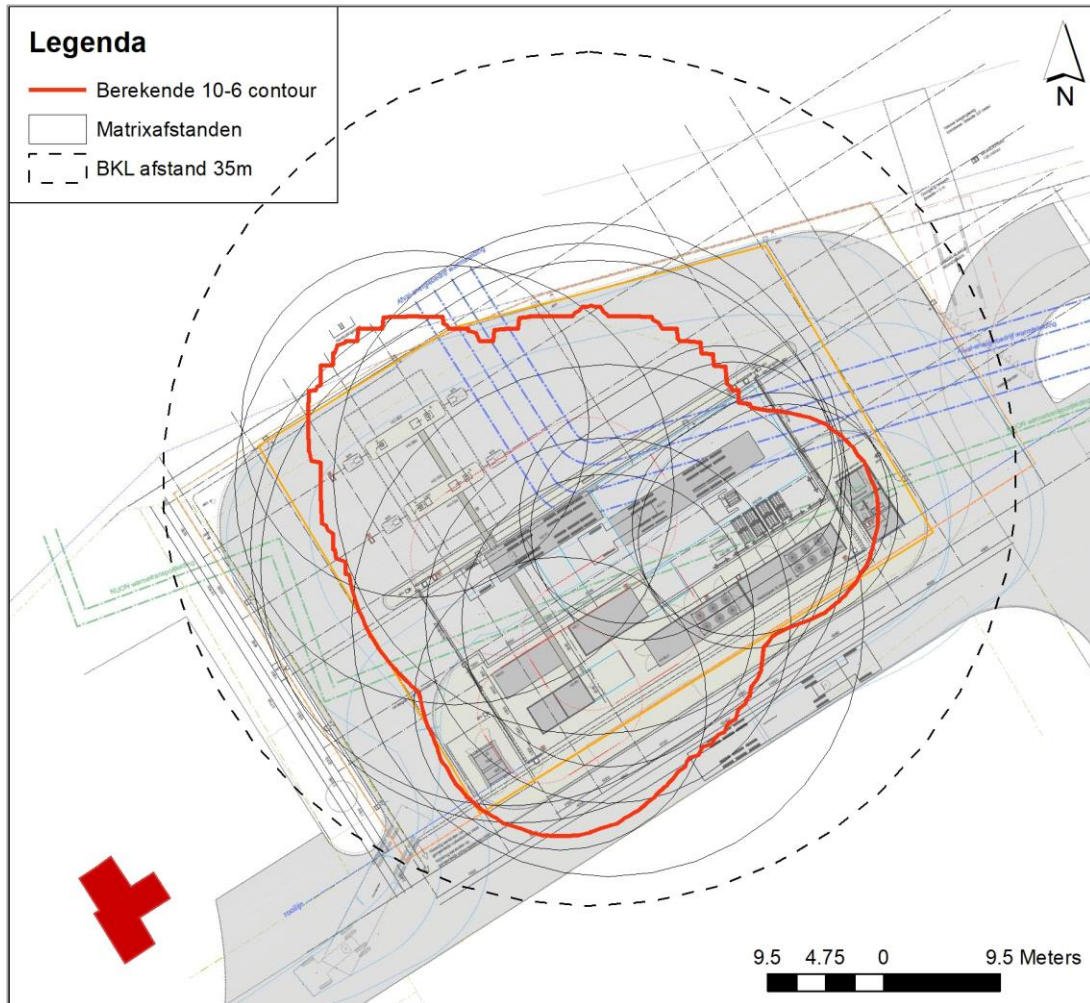
Bijlage 3 Controle conclusie consequentieonderzoek

Eén van de conclusies van het consequentieonderzoek is het aanpassen van de diameters uit de matrixtabel van 10 naar 11 mm en van 15 naar 16 mm. Dit is gedaan op basis van de resultaten van inrichtingen 1, 4, 8 en 10 en informatie uit de praktijk vanuit de werkgroep. Ter controle zijn de afstanden voor deze inrichtingen opnieuw bepaald op basis van de matrixafstanden in tabel 17. In deze bijlage worden de resultaten hiervan getoond.



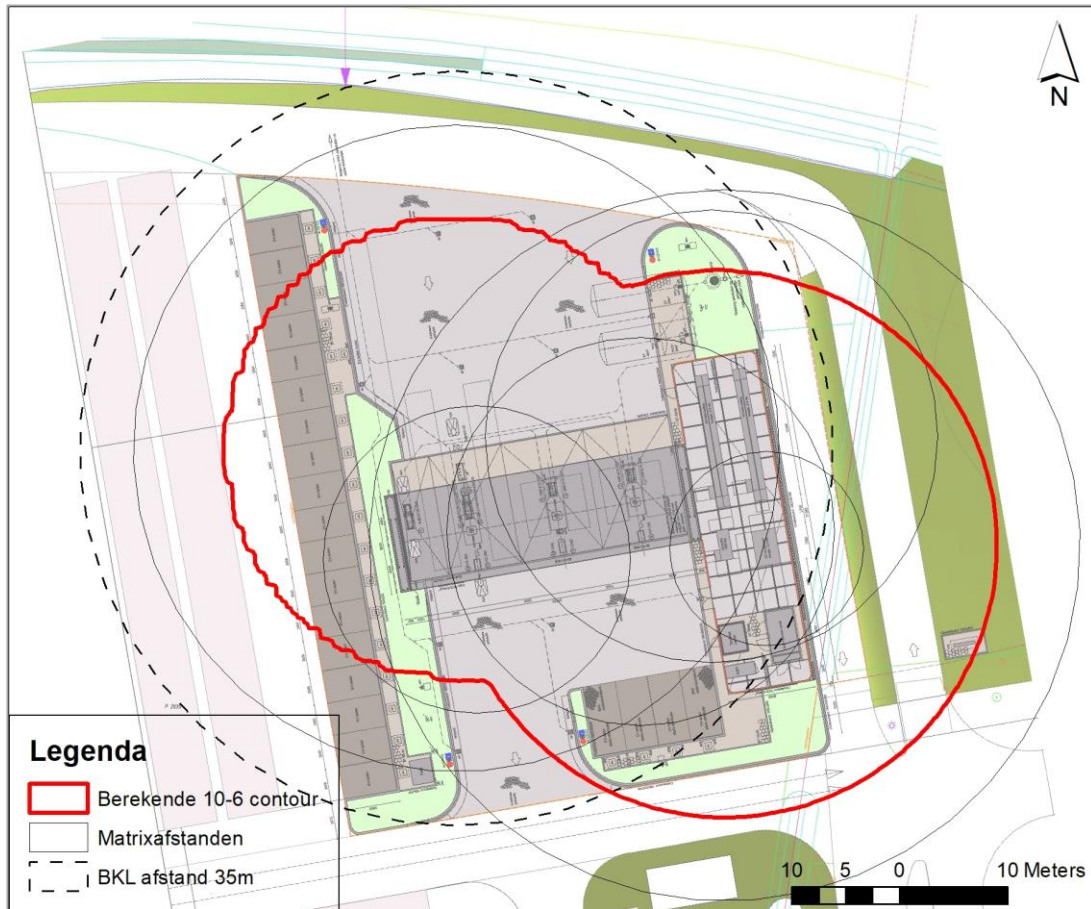
Figuur 25. Inrichting 1 controle

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is de grootste contour en reikt net tot over een naastgelegen gebouw. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



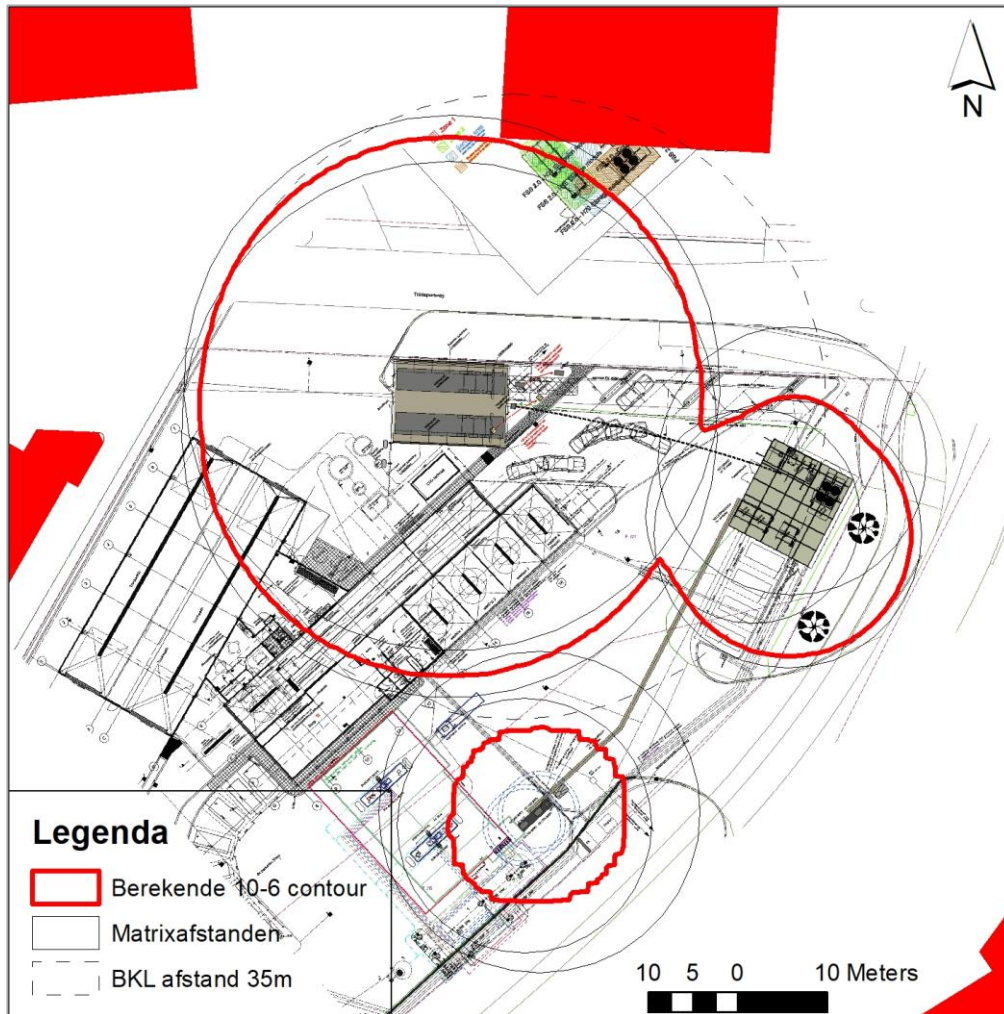
Figuur 26. Inrichting 4 controle

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10⁻⁶ contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is deels de grootste contour en reikt niet tot over een naastgelegen gebouw. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



Figuur 27. Inrichting 8 controle

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. Beide contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is kleiner dan de afstanden uit de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel zorgen niet voor knelpunten.



Figuur 28. Inrichting 10 controle

Bij deze inrichting is de vergunde PR 10^{-6} contour kleiner dan de vaste afstanden uit de matrixtabel. De vergunde PR 10^{-6} contouren reiken niet tot over nabijgelegen gebouwen. De Bkl-contour is kleiner dan de afstanden uit de matrixtabel. De afstanden uit de matrixtabel liggen bij de trailers net over een bedrijfspand ten noorden van de inrichting. Het gaat hier om een beperkt kwetsbaar object. Deze situatie kan gedoogd worden door het bevoegd gezag aangezien ten noorden van de trailers een brandmuur is geplaatst welke het effect van de fakkel in werkelijkheid verkleint.

Bijlage 4 Controle correctiefactor dispenser

Op basis van de conclusie in paragraaf 7.2 zijn de stappen 10 mm en 15 mm in de matrixtabel verhoogd naar 11 mm en 16 mm. In hoofdstuk 5 is voor de dispenser een correctiefactor bepaald. Hierbij is bepaald dat de correctiefactor van toepassing is op dispenser met leidingdiameters tussen de 5 en 15 mm. In deze bijlage is beoordeeld of de correctiefactor ook voor dispensers met een leidingdiameter van 11 mm en 16 mm toepasbaar is.

Tabel 19 toont hiervoor de afstanden bij 11 mm en 16 mm dispenserslangen als wordt uitgegaan van een leiding met lengte 5 meter voor de dispenser. In dezelfde tabel staan ook de matrixafstanden zoals opgenomen in hoofdstuk 8 en de berekende factoren. Hieruit blijkt dat ook bij 16 mm slangen de werkelijke factor kleiner is dan 0.75 en dat deze factor daarom ook te gebruiken is voor slangen met diameter tot en met 16 mm.

Diameter [mm]	11 mm met 5 m leiding	16 mm met 5 m leiding	11 mm o.b.v. matrix tabel	16 mm o.b.v. matrix tabel	11 mm factor	16 mm factor
0-30	5	7	7	10	0.65	0.72
30-300	13	22	21	30	0.63	0.73
300-520	17	27	26	37	0.66	0.74
520-950	22	34	33	47	0.67	0.72
950-1250	24	37	36	51	0.67	0.73

Tabel 19. Matrixtabel maximale effectafstand [m] diameter vs druk inclusief leiding met lengte 5 m, de matrix afstanden en de bijbehorende correctiefactor